

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту

На правах рукопису

ПРОХОРЧЕНКО АНДРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 656.22

**ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ  
ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ  
ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ НЕДИСКРИМІНАЦІЙНОГО  
ДОСТУПУ**

05.22.01 – транспортні системи

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Науковий консультант

Буцько Тетяна Василівна, д.т.н., професор

Харків-2015

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ РЕФОРМУВААННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Аналіз світових тенденцій розвитку ринку вантажних перевезень	<b>Error! Book</b>
1.2 Аналіз функціонування залізниць України в діючих умовах організації перевезень .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Передумови розробки нових методів управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури в умовах реформування залізничного транспорту України ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Аналіз наукових досліджень в області проблем управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури	<b>Error! Bookmark n</b>
1.5 Висновки до розділу 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОЇЗДОПОТОКІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ МЕРЕЖ	<b>Error! B</b>
2.1 Дослідження системи організації вагонопотоків у поїзди на основі методів аналізу складних мереж .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Аналіз живучості системи організації поїздопотоків на основі теорії перколяції .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1. Проведення експериментальних досліджень фазових переходів в системі організації вагонопотоків у поїзди .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Дослідження властивості масштабної інваріантності системи організації поїздопотоків на основі теорії перколяції	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Розробка концептуального підходу до управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури на основі досліджень в області проблем організованої складності.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Висновки до розділу 2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДУ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ДІЛЬНИЦЬ І НАПРЯМКІВ НА КАТЕГОРІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ .....**Error! Bookmark not defined.**

3.1 Передумови необхідності класифікації основних елементів інфраструктури для управління розподілом пропускної спроможності залізничної мережі України.....**Error! Bookmark not defined.**

3.2 Концептуальний підхід до поділу мережі залізничної інфраструктури на дільниці та напрямки.....**Error! Bookmark not defined.**

3.3 Поділ магістральних напрямків за класами відповідно до концепції розвитку та експлуатації залізничної мережі України**Error! Bookmark not defined.**

3.4 Класифікація поїздодільниць за видами та категоріями відповідно до умов експлуатації та технічного оснащення їх інфраструктури**Error! Bookmark not defined.**

3.5 Класифікація поїздодільниць за видами перевезень**Error! Bookmark not defined.**

3.6 Класифікація поїздодільниць за категоріями інфраструктури**Error! Bookmark not defined.**

3.7 Розробка методу класифікації залізничних дільниць і напрямків на категорії інфраструктури для експлуатаційної діяльності**Error! Bookmark not defined.**

3.8 Висновки до розділу 3.....**Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ ОБЛІКУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ДІЛЬНИЦЬ**Error! Bookmark not defined.**

4.1 Аналіз проблем розрахунку пропускної спроможності залізничної інфраструктури на основі обліку експлуатаційної надійності дільниці на залізницях України.....**Error! Bookmark not defined.**

4.1.1. Проблеми дослідження пропусної спроможності залізничних дільниць та напрямків з позиції останніх наукових досягнень у сфері теорії транспортних потоків.....**Error! Bookmark not defined.**

4.1.2. Порівняльний аналіз визначеної наявної пропускної спроможності з реальними даними максимальної кількості пропущених поїздів та нормативами обсягів перевезень за графіком руху поїздів на дільниці Колосівка – Одеса-Сортувальна .....**Error! Bookmark not defined.**

4.2 Аналіз останніх наукових досягнень у сфері теорії надійності графіку руху поїздів.....**Error! Bookmark not defined.**

4.3 Розробка методу розрахунку пропускної спроможності залізничної інфраструктури на основі обліку експлуатаційної надійності дільниці**Error! Bookma**

4.4 Висновки до розділу 4.....**Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ САМООРГАНІЗАЦІЇ.....**Error! Bookmark not defined.**

5.1 Формулювання принципів побудови математичної моделі розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури за умови обліку різних варіантів режимів руху і доступу до залізничних дільниць**Error! Bookmark not defin**

5.2 Формалізація процесу функціонування залізничної мережі в умовах спеціалізації залізничної інфраструктури.....**Error! Bookmark not defined.**

5.2.1. Процедура розподілу пропускної спроможності залізничних дільниць та умови доступу до них.....**Error! Bookmark not defined.**

5.2.2. Процедура виділення пропускної спроможності магістральних напрямків в умовах дотримання технічних і технологічних обмежень залізничної інфраструктури .....**Error! Bookmark not defined.**

5.2.3. Правила використання слотів пропускної спроможності залізничної інфраструктури для створення заохочень і стимулів в системі перевезень .....**Error! Bookmark not defined.**

5.3 Формування глобального критерію оцінки ефективності функціонування інфраструктури залізничної мережі в умовах розділення функцій управління інфраструктурою та здійснення експлуатаційної діяльності.....**Error! Bookmark not defined.**

5.4 Формування агентно-орієнтованого підходу до вибору маршруту слідування поїздопотоку на основі локальних критеріїв пошуку**Error! Bookmark not**

5.5 Розробка вимог до структури розподілу поїздопотоків на мережі для підвищення її пропускної спроможності та живучості системи організації перевезень.....**Error! Bookmark not defined.**

5.6	Розробка методу рішення математичної моделі розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури на основі мультидисциплінарної оптимізації.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.7	Експериментальні дослідження впливу глобальної міри спектрального розширення графової структури маршрутизації поїздопотоків на ефективність розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.8	Висновки до розділу 5.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
РОЗДІЛ 6 РОЗРОБКА ВИМОГ ДО АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВІД ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ ..		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1	Передумови розробки автоматизованої системи управління розподілом пропускної спроможності залізничної мережі в умовах недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури України	<b>Error! Bookma</b>
6.2	Сутність та компоненти автоматизованої системи управління розподілом пропускної спроможності залізничної мережі Укрзалізниці	<b>Error! Bookm</b>
6.3	Розробка вимог до архітектури розподіленої системи підтримки прийняття рішень для управління розподілом пропускної спроможності інфраструктури залізниць України .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4	Економічне обґрунтування від впровадження автоматизованої системи управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури України .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.5	Висновки до розділу 6.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ВИСНОВКИ .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....		19
Додаток А Аналіз часу руху наскрізних поїздів за маршрутом Куп'янськ-Сорт. – Одеса-Пересип, Берегова, Чорноморська		<b>Error! Bookmark not def</b>
Додаток Б Вихідні дані для проведення аналізу мережі призначень ПФП		<b>Error! Book</b>

- Додаток В Перевірка підпорядкування емпіричного розподілу ступеня вершин графу призначень ПФП степеневому закону **Error! Bookmark not defined.**
- Додаток Г Програмний код для реалізації математичної моделі перколяції мережі ПФП ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Додаток Д Приклад форми вихідних даних для проведення кластеризації **Error! Book**
- Додаток Е Результати обробки статистичних даних щодо взаємозалежності характеристик поїздопотоків на дільниці Колосівка – Одеса-Сортувальна **Error! Book**
- Додаток Ж Розрахунок наявної пропускної спроможності на дільниці Колосівка – Одеса-Сорт. .... **Error! Bookmark not defined.**
- Додаток З Аналіз кількості та тривалості затримок поїздів на Харківській дирекції залізничних перевезень Південної залізниці **Error! Bookmark not defined.**
- Додаток К Результати експериментальних досліджень надійності графіку руху поїздів в умовах моделювання первинних затримок поїздів **Error! Bookmark no**
- Додаток Л Програмна реалізація математичної моделі розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Додаток М Результати рішення математичної моделі розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури з 20 вимогами на просування поїздопотоків ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Додаток Н Акти впровадження ..... **Error! Bookmark not defined.**

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В умовах розвитку міжнародної торгівлі комерційна успішність залізничної галузі кожної країни світу, зокрема України, залежить від спроможності залізниць пристосувати власні технології перевезень до сформованих вимог якості транспортної послуги на глобальному транспортно-логістичному ринку. На даному ринку величина тарифу на перевезення і точність часу прибуття в пункт призначення в цілому є найбільш важливими факторами, які визначають якість транспортної послуги.

Аналіз світових тенденцій розвитку ринку вантажних перевезень та існуючого стану залізничного транспорту України показав невідповідність рівня якості транспортної послуги встановленим вимогам на ринку перевезень. Одним із напрямків підвищення якості транспортних послуг для залізничного транспорту є перехід від монопольного до конкурентного ринків перевезень за рахунок дерегуляції транспортної галузі. Відповідно до прийнятого напрямку розвитку економіки країни в межах інтеграції з Європейським Союзом (ЄС), Плану заходів з імплементації Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, затверджених розпорядженням КМУ від 17.09.2014 №847-р, та згідно з Планами імплементації Директив ЄС у сфері залізничного транспорту фундаментальною основою реформування залізниць загального користування України є створення умов для започаткування конкуренції на ринку залізничних перевезень. Розвиток конкуренції реалізується за рахунок впровадження моделі функціонування залізничного транспорту з розділенням функцій управління інфраструктурою та здійснення експлуатаційної діяльності. Це у свою чергу сприяє утворенню незалежних компаній-перевізників, головною умовою функціонування яких є принцип недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури, якою монопольно управляє сітьовий оператор. Така система взаємовідносин дозволяє створити новий сектор на ринку маршрутних перевезень, який заснований на

продажу пропускної спроможності інфраструктури. При реалізації даної системи ринкових відносин для залізничного транспорту України набуває актуальності вирішення наукової проблеми формування методів управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури, так як від ефективності та швидкості узгодження доступу до залізничної мережі великої кількості конкуруючих компаній залежать фінансові результати всіх учасників залізничних перевезень.

Рішення проблеми управління розподілом пропускної спроможності в умовах недискримінаційного доступу користувачів до залізничної інфраструктури вимагає перегляду фундаментальних основ організації перевізного процесу на залізницях України. Важливим є утворення механізму перерозподілу використання пропускної спроможності на мережі через відмову від моделі перевезень за найкоротшими (тарифними) відстанями, що встановлюються планом формування поїздів (ПФП); приділення уваги важливості проблеми перевантаження залізничної мережі; актуалізації значення руху вантажних поїздів за графіком та реалізації системи перевезень на основі появи властивості самоорганізації учасників ринку. За таких умов необхідним стає формування методів, які дозволять: систематизувати і класифікувати технічні та технологічні можливості залізничної інфраструктури; оцінити реальну пропускну спроможність залізничної інфраструктури для уникнення її перевантаження; розробити процедуру розподілу пропускної спроможності залізничної мережі на тактичному рівні планування. Це вимагає пошуку нових аналітичних підходів для опису функціонування залізничної мережі України в умовах недискримінаційного доступу користувачів до залізничної інфраструктури.

Реалізація зазначених заходів дозволить сформувати автоматизовану систему управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури для вирішення комплексу задач планування перевезень від подачі заявки на організацію маршруту до розподілу поїздопотоків, розробки нитки графіка руху поїздів та її аналізу. Це дозволить перейти до формування



залізничної інтелектуальної транспортної системи, що надасть учасникам ринку перевезень більшу інформативність, вищий рівень взаємодії між учасниками перевізного процесу.

Зважаючи на вищевикладене, тема дисертаційної роботи є актуальною і зорієнтованою на вирішення проблеми управління залізничним транспортом України в умовах недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року, що затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України (КМУ) від 20.10.2010 р. № 2174-р, Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 рр., затвердженої постановою КМУ від 16.12.2009 № 1390, та згідно з Планами імплементації Директив ЄС у сфері залізничного транспорту, схваленими розпорядженням КМУ від 26.11.2014 №1148-р, а також науково-дослідними роботами за темами “Розробка технології автоматизації корегування ПФП в умовах нерівномірного виникнення потужних струменів вагонопотоків” (ДО №0211U005391); “Дослідження вагонопотоків та розробка вимог до складання технологічного процесу роботи залізничного напрямку” (ДО №0211U005392); “Розробка вимог щодо визначення нормативної чисельності персоналу з організації перевезень та поточного утримання інфраструктури залізничного напрямку” (ДО №0212U008191); “Розробка класифікації залізничних напрямків на категорії інфраструктури за техніко-експлуатаційними характеристиками” (ДО №0212U008192); “Розробка методики визначення раціональних співвідношень між потужністю вагонопотоків та пропускною спроможністю на залізничних напрямках для встановлення технічних і технологічних можливостей перевізника” (ДО №0213U004221); “Формування комплексу універсальних моделей, реалізація яких забезпечує раціональну організацію вантажопотоків на залізничній транспортній мережі” (ДО №0214U003188); “Розробка вимог для

планування маршрутів слідування вагонів з небезпечними вантажами при мінімізації ризиків в умовах Придніпровської залізниці” (ДО №0214U005239); “Проведення дослідного автоматизованого розрахунку нормативного графіка руху поїздів на залізничному напрямку” (ДО №0214U005803); “Методи формування інтелектуальних залізничних транспортних систем” (ДО №0215U000327).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту України в умовах недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури на основі розробки методів управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури, які передбачають відмову від централізованого керування та впровадження принципу управління, що стає внутрішньою функцією системи на основі появи самоорганізації.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких задач дослідження:

- провести аналіз тенденцій розвитку ринку вантажних перевезень на залізницях світу та України;
- виконати аналіз наукових досліджень у галузі проблем управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури для обґрунтування необхідності пошуку нових методів управління на залізничному транспорті України в умовах формування ринку транспортних послуг, який заснований на продажу пропускної спроможності залізничної інфраструктури;
- проаналізувати властивості системи просторової організації вагонопотоків в поїзди на мережі залізниць України на основі методів аналізу складних мереж;
- розробити концептуальний підхід до управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури в умовах недискримінаційного доступу з позиції парадигми складності комплексних систем;

- розробити метод класифікації залізничних дільниць і напрямків на категорії інфраструктури для визначення більш точних умов експлуатації залізничної мережі і, як наслідок, підвищення ефективності управління розподілом пропускної спроможності інфраструктури залізничної мережі України;

- дослідити процеси взаємовпливу поїздів в умовах їх затримок на експлуатаційну надійність залізничної дільниці;

- розробити метод розрахунку пропускної спроможності залізничної інфраструктури з урахуванням обліку експлуатаційної надійності дільниці;

- формалізувати процес функціонування залізничної мережі в умовах розподілу пропускної спроможності залізничної мережі шляхом пристосування режимів експлуатації інфраструктури залізничної мережі до вимог користувачів;

- обґрунтувати вплив статистичних макровластивостей структури маршрутизації поїздопотоків на ефективність розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури;

- сформулювати вимоги до інформаційно-керуючої системи, яка дозволить автоматизувати процес управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури на залізницях України;

- обґрунтувати економічну доцільність впровадження автоматизованої системи управління розподілом пропускної спроможності на залізницях України.

*Об'єкт дослідження* – процес організації перевезень на залізничному транспорті.

*Предмет дослідження* – пропускна спроможність залізничної інфраструктури в умовах недискримінаційного доступу.

**Методи дослідження.** Виконані дослідження базуються на таких засадах: методах теорії ймовірностей та математичної статистики для проведення аналізу експлуатаційних показників залізничного транспорту України та перевірки на точність і адекватність розроблених математичних

моделей; методах аналізу складних мереж для дослідження властивостей системи організації поїздопотоків на залізницях України; методах теорії перколяції вузлів для дослідження живучості системи організації поїздопотоків; теорії організованої складності систем при формуванні концептуального підходу до управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури в умовах недискримінаційного доступу; методі ієрархічного кластерного аналізу при класифікації поїздодільниць; методах оптимізації, аналітичних методах і імітаційному моделюванні при реалізації методу розрахунку практичної пропускної спроможності залізничної дільниці; методах мультидисциплінарної оптимізації, зокрема методі генетичного алгоритму та алгоритму мурашиних колоній при формалізації процесу функціонування залізничної мережі в умовах спеціалізації її інфраструктури; спектральної теорії графів при дослідженні властивостей заплутаності мережі маршрутизації поїздопотоків при розподілі пропускної спроможності залізничної інфраструктури.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано наукові підходи щодо формування методів управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури на основі принципів самоорганізації, що передбачає відмову від централізованого керування та впровадження принципу управління на основі непрямого впливу на процес направлення поїздопотоків шляхом пристосування режимів експлуатації залізничної мережі до вимог транспортного ринку. Це дозволить підвищити ефективність функціонування залізничного транспорту в умовах недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури та раціонально перерозподілити пропускну спроможність залізничної мережі для більш ефективної стратегії управління ресурсами залізничного транспорту.

*У дисертаційній роботі:*

– уперше підтверджено гіпотезу про існування властивості масштабної інваріантності в мережі призначень плану формування поїздів на залізницях України, що дозволяє віднести мережу до класу масштабно-інваріантних, спростовує розподіл зв'язків за законом Пуассона та підтверджує, що її розвиток лежить в основі процесів самоорганізації складних нелінійних систем;

– уперше розроблено метод класифікації залізничної інфраструктури для експлуатаційної діяльності, який, на відміну від існуючих, дозволяє поділити дільниці та напрямки з урахуванням їх технічних і технологічних особливостей, що встановлюються графіком руху поїздів та призначений для формування системи оцінок залізничної інфраструктури за транспортно-експлуатаційними якостями та споживчими властивостями і, як наслідок, для підвищення ефективності управління розподілом пропускної спроможності інфраструктури залізничної мережі України;

– уперше встановлено залежності коефіцієнта готовності від кількості поїздів та прийнятого рівня виконання графіку руху поїздів на залізничній дільниці;

– уперше розроблено метод розрахунку практичної пропускної спроможності залізничної інфраструктури, який, на відміну від існуючих, дозволяє врахувати експлуатаційну надійність залізничної дільниці та підвищити точність оцінки раціональних меж її завантаження;

– уперше формалізовано процес функціонування залізничної мережі в умовах спеціалізації залізничної інфраструктури на основі математичної моделі розподілу пропускної спроможності залізничної мережі з урахуванням принципів самоорганізації, яка, на відміну від існуючих, дозволяє пристосувати режим експлуатації інфраструктури залізничної мережі до умов транспортного ринку з урахуванням досягнення раціонального розподілу пропускної спроможності мережі та підвищення показників живучості системи просторової організації поїздопотоків за

рахунок покращення спектральних властивостей мережевої топології їх маршрутів;

– уперше для залізничних мереж доведено та оцінено вплив максимізації глобальної міри спектрального розширення графової структури маршрутизації поїздопотоків на розподіл пропускної спроможності залізничної інфраструктури у мережі;

– доопрацьовано комплекс функціональних задач системи АСК ВП УЗ-Є з можливістю формування автоматизованої системи управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури (АСУ ПС) на базі розподіленої системи підтримки прийняття рішень (СППР) для реалізації задач планування перевезень від подачі заявки на організацію маршруту до розподілу поїздопотоків, розробки нитки графіка руху поїздів та його аналізу.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати дисертаційного дослідження щодо формування методів управління розподілом пропускної спроможності інфраструктури залізниць України є основою для імплементації Директиви 91/440/ЄС від 29 липня 1991 року “Про розвиток залізниць Співтовариства” та Директиви 2001/14/ЄС від 26 лютого 2001 року “Про розподілення пропускної спроможності залізничної інфраструктури, стягнення зборів за користування залізничною інфраструктурою та сертифікацію безпеки”. Розроблений концептуальний підхід до управління розподілом пропускної спроможності залізничної мережі України, розроблений метод класифікації залізничних дільниць, запропонований метод оцінки пропускної спроможності залізничних дільниць та реалізована математична модель для пристосування режимів руху до вимог транспортного ринку дозволяє сформувати порядок та правила експлуатаційної роботи в умовах функціонування ринку продажу доступу до залізничної інфраструктури, який можна оцінити, тільки в межах маршрутних перевезень, до 40% від загального обсягу перевезень.

Запропонований метод класифікації залізничних дільниць і напрямків для експлуатаційної діяльності дозволяє більш гнучко і деталізовано відобразити можливості інфраструктури з урахуванням її технічних і технологічних особливостей в частині пропуску поїздопотоків, що, як наслідок, надасть можливість диференціювати нормативи утримання інфраструктури, розробити тарифи доступу та гармонізувати швидкості руху поїздопотоків на мережі для зменшення коефіцієнтів знімання пропускної спроможності поїздів різних категорій.

Запропонований метод розрахунку пропускної спроможності залізничної дільниці дозволяє підвищити точність визначення максимальної кількості поїздів на дільниці та уникати її перевантаження, що у свою чергу підвищить швидкість просування вантажопотоків та вплине на ефективність формування логістики перевезень залізничним транспортом.

Проведені дослідження живучості системи просторової організації вагонопотоків в поїзди на мережі залізниць України дозволяють оптимізувати використання капітальних інвестицій та реалізувати експлуатаційну роботу для підвищення пропускної спроможності мережі за рахунок виявлення небажаних властивостей та уразливих елементів системи перевезень. Експериментальні результати моделювання розподілу пропускної спроможності залізничної мережі доводять важливість пристосування режимів експлуатації інфраструктури залізничної мережі до вимог користувачів з боку компанії, що управляє залізничною інфраструктурою.

Розроблений комплекс методів та моделей дозволяє сформувати автоматизовану систему управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури на базі розподіленої СППР для реалізації процедури планування на рівні Департаменту управління перевезень, служб перевезень залізниць та всіх учасників перевізного процесу. Економічний ефект від впровадження даної автоматизованої системи з наростаючим

підсумком за період п'яти років становить 1,39 млрд. грн, дільнична швидкість збільшиться на 1,5 %, час затримок поїздів скоротиться на 5%.

Основні наукові результати щодо формування системи управління розподілом пропускної спроможності залізничної інфраструктури впроваджені Департаментом управління перевезень Укрзалізниці при удосконаленні експлуатаційної роботи залізниць, а також у навчальному процесі Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) при проведенні занять у групах факультету підвищення кваліфікації кадрів та при вивченні дисципліни “Управління експлуатаційною роботою”, підготовці спеціалістів і магістрів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами, які наведені у Додатку Н.

**Особистий внесок здобувача.** Усі наукові результати роботи отримані особисто автором та проводилися в Українському державному університеті залізничного транспорту.

У статтях, які опубліковані у співавторстві, автору належить: у [1,7,9,10,26,27] – сформовано ряд основних принципів побудови математичної моделі на основі генетичного алгоритму з урахуванням обмежень на пропускну спроможність дільниць, які покладено в основу математичної моделі розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури; [2,4-6,30,31] – формулювання принципів організації перевезень на основі руху поїздів за розкладом на виділених спеціалізованих напрямках для підвищення пропускної спроможності залізничної мережі; [3] – застосування системи мурашиних колоній для розв'язання задачі оптимізації залізничних перевезень; [8] – розробка механізмів реалізації принципів самоорганізації при розвитку залізничної транспортної системи; [14,39] – дослідження властивостей системи організації поїздопотоків на залізницях України на основі методів аналізу складних мереж; [17,18,36] – дослідження пропускної спроможності залізничної дільниці з позиції теорії



транспортних потоків; [21] – розробка методу розрахунку пропускної спроможності залізничної дільниці на основі обліку експлуатаційної надійності залізничної дільниці; [23,37] – дослідження складності задачі комбінаторної оптимізації; [22] – аналіз проблем розрахунку пропускної спроможності залізничної інфраструктури в умовах ринкових відносин та визначення напрямів досліджень; [24,35] – аналіз наукових досліджень у галузі проблеми управління пропускною спроможністю залізничної інфраструктури; [25] – аналіз досліджень у галузі проблем проектування транспортних мереж; [28] – розробка процедури надання нитки графіка руху поїздів для поїзного формування з вагонами операторських компаній; [33] – формулювання концепції виділення на залізничній мережі спеціалізованих напрямків та їх класифікація; [34] – розробка математичної моделі розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури з урахуванням її спеціалізації.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалені на 22 Міжнародній науково-практичній конференції (МНПК) “Перспективні комп’ютерні, керуючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України” (м. Алушта, 2009 р.); 7 МНПК “Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України. (смт. Коктебель, 2011 р.); III МНПК “Інноваційні технології на залізничному транспорті”, (Ізраїль, м.Тель-Авів, 2012 р.); МНПК “Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті”, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту (ДНУЗТ) (м. Дніпропетровськ, 2012 р.); XXXVI науково-технічній конференції викладачів, аспірантів і співробітників Харківської національної академії міського господарства (м. Харків, 2012 р.); VIII МНПК “Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України” (м. Харків, 2012 р.); конференції SWorld. Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development‘2012 та ‘2013 (Інтернет-конференція 2012, 2013 рр.); Семінари-

наradі провідних спеціалістів Укрзалізниці (м. Запоріжжя, 2012 р.); II МНПК “Обчислювальний інтелект - 2013 (результати, проблеми, перспективи) Computational Intelligence, ComInt – 2013” (м. Черкаси, 2013 р.); 75, 76, 77 МНПК “Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті” (м. Харків, 2013, 2014, квітень 2015 рр.); 27 МНПК “Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті” (м. Харків, 2014 р.).

Повністю дисертаційна робота доповідалася та схвалена на розширеному засіданні кафедри управління експлуатаційною роботою УкрДУЗТ та на міжкафедральному семінарі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна.

**Публікації.** Відповідно до теми дисертації опубліковано 42 наукові праці, з яких 26 статей (з яких 15 – опубліковані у фахових наукових виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз, і одна стаття у виданнях інших держав), два патенти на корисну модель та 14 тез доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг тексту дисертації – 412 сторінок, обсяг основного тексту складає 252 сторінки друкованого тексту (6 сторінок зайняті на повну площу 5 рисунками і 1 таблицею), 95 рисунків, 8 таблиць, список використаних джерел включає 296 найменування і 12 додатків.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Прохорченко А.В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення / А.В. Прохорченко, Л.В. Корженівський //Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2008. – Вип.6/6(36). – С.37-40.
- 2 Бутько Т.В. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіку руху поїзді/ Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, А.В. Прохорченко, К.О. Олійник // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2009. – Вип.111. – С. 23-30.
- 3 Бутько, Т.В. Розробка раціональних маршрутів прямування пасажирських поїздів на основі системи мурашиних колоній [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Є.В. Чеклова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. –Том 3. – 5(39). – С. 9-13.
- 4 Бутько Т.В. [Обґрунтування доцільності впровадження подовжених пліч оберту локомотивів та локомотивних бригад при пропуску поїздів за «жорсткими» нитками графіка](#) / Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Костиркіна Т.О.// Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2010. - № 119. - С. 25-28.
- 5 Прохорченко А.В. Удосконалення технології роботи полігону мережі на основі організації групових поїздів за жорстким графіком руху / А.В. Прохорченко, Р.О. Євреїмов // Збірник наукових праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. Вип.114. С. 192-196.
- 6 Прохорченко, А.В. Розроблення моделі формування плану роботи сортувальної станції на основі теорії розкладу / А.В. Прохорченко, В.М. Прохоров, А.Ю. Постоленко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2011. Вип. 120 С. 38-43.
- 7 Козак, В.В. Розробка моделі розвитку інтеперабельності міжнародних залізничних транспортних коридорів на стратегічному рівні планування

- перевезень/ В.В. Козак, Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, – Харків,: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 3. – С. 36-41.
- 8 Бутько, Т.В. Формування моделі розвитку залізничної системи швидкісних перевезень на основі принципів самоорганізації [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Л.О. Пархоменко, І.В. Копаниця //Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.- Харків: НТУ „ХПІ”, 2011. – № 54. – С. 67-70.
- 9 Бутько, Т.В. Формування математичної моделі планування маршрутів слідування вагонів з небезпечними вантажами в умовах ризику/ Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Музикіна С.І.// Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2012. – №3(174). – С.18-23.
- 10 Бутько, Т.В. Формування моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція-прилегла дільниця” на базі нечіткої ситуаційної мережі / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, С.І. Музикіна // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. – Вип.5. – С. 13-16.
- 11 Прохорченко, А.В. Розробка вимог до формування процесу перевезень на залізничному напрямку в розрахунку на життєвий цикл технології / А.В. Прохорченко // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – 2012. – Вип. 32. - С. 25-30.
- 12 Прохорченко, А.В. Розробка методики визначення кількості ниток графіку руху спеціалізованих поїздів на залізничному напрямку за умови дотримання технічних і технологічних обмежень / А.В. Прохорченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – Вип.2. – С. 46-51.

- 13 Прохорченко, А.В. Формування системи маршрутизації перевезень на основі концепції спеціалізації залізничної інфраструктури / А.В. Прохорченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Вип. 1/3(61). – С. 20-24.
- 14 But'ko, T. Investigation into Train Flow System on Ukraine's Railways with Methods of Complex Network Analysis [Electronic resource] / T. But'ko, A. Prokhorchenko // [Science and Education Publishing From Scientific Research to Knowledge, American Journal of Industrial Engineering, 2013]. – Vol. 1(3). – P. 41-45. – Mode of access: World Wide Web: <http://pubs.sciepub.com/ajie/1/3/1/>. – Title from the screen.
- 15 Прохорченко, А.В. Аналіз живучості системи організації поїздопотоків на основі теорії перколяції / А.В. Прохорченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Том 6. – 3(66). – С. 7-10.
- 16 Прохорченко, А.В. Концептуальні підходи до управління пропускною спроможністю залізничної інфраструктури в умовах конкуренції на ринку перевезень / А.В. Прохорченко // Журнал Залізничний транспорт України. – 2013. – Вип. 3/4. – С. 63-65.
- 17 Прохорченко, А.В. Дослідження пропускної спроможності залізничної дільниці на основі побудови параметричних функцій залежності інтенсивності від щільності поїздопотоків/ А.В. Прохорченко, О.І. Тревогін, О. Болкун // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2013. – Вип. 140. – С. 44-47.
- 18 Прохорченко, А.В. Дослідження пропускної спроможності залізничної інфраструктури з позиції теорії транспортних потоків / А.В. Прохорченко, В.Г. Петренко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2014. – Вип. 145. – С. 88-95.
- 19 Прохорченко, А.В. Проблеми розрахунку пропускної спроможності залізничної інфраструктури в умовах ринкових відносин/ А.В. Прохорченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – Вип.4. – С. 36-41.

- 20 Прохорченко, А.В. Дослідження властивості масштабної інваріантності системи організації поїздопотоків на основі теорії перколяції / А.В. Прохорченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2014. – Вип.5(53). – С. 56-64.
- 21 Прохорченко, А.В. Удосконалення методики розрахунку пропускної спроможності залізничної інфраструктури на основі обліку експлуатаційної надійності системи перевезень / А.В. Прохорченко, О.М. Волянчук // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2014. – Вип.146. – С. 91-95.
- 22 Прохорченко, А.В. Аналіз методів розрахунку пропускної спроможності залізничних дільниць / А.В. Прохорченко, В.А. Огієнко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2014. – Вип.150. – С. 66-73.
- 23 Бутько, Т.В. Оцінка обчислювальної складності задачі автоматизації розрахунку графіку руху поїздів / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Г.О. Прохорченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2014. – Вип.3(210). – С. 18-21.
- 24 Бутько, Т. В. Аналіз наукових досліджень в області проблеми управління пропускною спроможністю залізничної інфраструктури [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко // Журнал Залізничний транспорт України. – 2015. – Вип. 5. – С. 18-24.
- 25 Прохорченко, А. В. Аналіз наукових досліджень щодо проектування транспортних мереж високошвидкісного та звичайного руху [Текст] / А.В. Прохорченко, Д. О. Кравченко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2015. – Вип.154. – С. 70-74.
- 26 Бутько, Т. В. Формалізація технології організації групових поїздів оперативного призначення [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, А.М. Киман // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Том 4. – 3(76). – С. 38-43.

- 27 Пат. на корисну модель 63409 Україна, МПК В61К 9/00. Спосіб експлуатації елементів систем залізничних пасажирських перевезень Заявник і патентоволодар Українська державна академія залізничного транспорту – № у 2011 02627; заявл. 09.03.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. №19.
- 28 Пат. на корисну модель 94340 України МПК В61L 25/00, В61L 27/00, G06F 7/00, G06N 7/00. Автоматизована система управління парком вантажних вагонів / Т.В. Бутько, О.Е. Шандер, А.В. Прохорченко; заявники і патентоволодарі Т.В. Бутько, О.Е. Шандер, А.В. Прохорченко. - № у 2014 05755; заявл. 28.05.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. №21.
- 29 Прохорченко, А.В. Формування гнучкої технології управління транспортними процесами на основі комплексу моделей з використанням колективного інтелекту [Текст]: тези доп. 22-ї Міжнар. наук.-практ. конф. “Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины” (м. Алушта, вересень 2009 р.) / А.В. Прохорченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – Вип. 4(дод.). – С. 4.
- 30 Бутько, Т.В. Розробка моделі розвитку і експлуатації залізничних напрямків на стратегічному рівні планування [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, О.А. Горбачов //Тези доповідей за матеріалами сьомої науково-практичної міжнародної конференції Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України. (30 травня - 4 червня 2011 р. с.м.т.Коктебель). Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2011. – № 34. – С. 74-75.
- 31 Бутько, Т.В. Формування процесу перевезень на залізничному напрямку в розрахунку на життєвий цикл технології [Текст] / Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Дюкарев В.С.// Збірник наукових праць SWorld. Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development“2012, - 2-12 October 2012, Одеса. - тези доп. – Вип. 3. Том 2. – С.26-28.

- 32 Бутко, Т.В. Формування системи класифікації залізничних дільниць і напрямків за видами перевезень і категоріями інфраструктури для експлуатаційної діяльності [Текст] / Т.В. Бутко, А.В. Прохорченко // Тези доповідей за матеріалами восьмої науково-практичної міжнародної конференції "Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України" (5-8 червня 2012 р м. Харків) Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2012. – № 38. – С. 68-69.
- 33 Прохорченко, А.В. Формування вимог до технічних регламентів та нормативного документу Повідомлення залізниць України щодо їх технічних і технологічних можливостей [Текст] / А.В. Прохорченко // Семінар-нарада на тему: Технологічні процеси роботи станцій, дирекцій, залізниць та ТРА станцій – основоположні документи організації перевізного процесу, 6-7 червня 2012 року, м. Запоріжжя. – С. 86-87.
- 34 Бутко Т.В., Прохорченко А.В. Формування раціональної топології залізничної мережі на основі концепції спеціалізації залізничної інфраструктури за її призначенням [Текст] / Т.В. Бутко, А.В. Прохорченко // 36 научно-техническая конференция преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства, (г.Харьков 24-26 апреля 2012 г.) –Харьков:ХНАГХ, 2012. – Ч. 2. – С. 14.
- 35 Бутко, Т.В. Перспективи використання інтелектуальних технологій на залізничному транспорті [Текст] / Т.В. Бутко, А.В. Прохорченко, С.І. Музикіна, Л.А. Пархоменко // Програма III міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті», (Тель-Авів, 26 лютого-4 березня 2012 р.). – Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – 2012. – С.3.
- 36 Данько М.І. Дослідження пропускної спроможності залізничних дільниць та напрямків на основі параметричних моделей залежності інтенсивності від щільності поїздопотоків [Текст] / М.І. Данько, Т.В. Бутко, А.В. Прохорченко //Тези міжнародної науково - практичної конференції



- "Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті", (м. Дніпропетровськ, 18-19 квітня 2013р.) – Д.: Видавництво ДНУЗТ, 2013. – С. 6.
- 37 Бутько, Т.В. Автоматизація розробки графіку руху поїздів на основі алгоритму штучних бджолиних колоній [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Г.О. Прохорченко //Тези II Міжнародної науково - технічної конференції "Обчислювальний інтелект - 2013 (результати, проблеми, перспективи) Computational Intelligence, ComInt – 2013", Черкаси, Україна, 14-17 травня. – Ч.: Видавництво ЧДТУ. – С.158.
- 38 Прохорченко, А.В. Дослідження живучості плану формування вантажних поїздів на основі теорії перколяції [Текст]/ А.В. Прохорченко // Збірник наукових праць SWorld. Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development‘2013, - 1-12 October 2013, Иваново. - тези доп. – Вип. 3. Том 2. – С.97-99.
- 39 Прохорченко, А.В. Дослідження системи організації вагонопотоків у поїзди на основі методів аналізу складних мереж [Текст] / А.В. Прохорченко, О.А. Горбачов // Тези доповідей 75-ї міжнародної науково-технічної конференції “Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті” (м. Харків, 24-25 квітня 2013). – Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 136. – С. 373-374.
- 40 Прохорченко, А.В. Дослідження пропускнуої спроможності залізничної інфраструктури на основі врахування експлуатаційної надійності системи перевезень [Текст] / А.В. Прохорченко // Тези доповідей 76-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 15-17 квітня 2014 року). Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – Вип. 143. – С. 287.
- 41 Прохорченко А. В. Дослідження властивості масштабної інваріантності системи організації поїздопотоків на залізницях України [Текст] / А. В.

- Прохорченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2014. - № 4(Дод.). - С. 15.
- 42 Прохорченко, А.В. Дослідження властивостей системи просторової організації вагонопотоків в поїзди на залізничній мережі на основі теорії перколяції [Текст]: тези доп. 77-ї Міжнар. наук.-практ. конф. “Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті” (м. Харків, 15-17 квітня 2015 р.) / А. В. Прохорченко // Зб. наук. пр. Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – 2015. – Вип. 151. – С. 121-122.
- 43 Мукмінова, Т.А. Ринкова трансформація суб’єктів господарювання на залізничному транспорті [Текст] / Т.А. Мукмінова // Екон.-мат. моделювання соц.-екон. систем. — 2007. — Вип. 12. — С. 29-37.
- 44 World Economic Outlook (WEO) Update July 2015. Slower Growth in Emerging Markets, a Gradual Pickup in Advanced Economies [Text]/ Release: strictly confidential in Washington, D.C.: 9:00 a.m., July 9, 2015. – 4 p.
- 45 Freight transport for development toolkit: Rail Freight [Text]/ The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. DFID. USA, Washington. – 2009. – 58 p.
- 46 The alternative – freight on rail. What can the railways do better? [Electronic resource] / No Mega Trucks Campaign ~ wegework> wwEdit CMS 3.2.0. Mode of access: World Wide Web: <http://www.nomegatrucks.eu/the-facts/the-alternative-rail-freight>. -Title from the screen.
- 47 Energy, transport and environment indicators 2014 edition [Text]/. Eurostat. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. – 280 p.
- 48 Обзор морского транспорта 2013 год [Текст] / Издание организации объединенных наций. UNCTAD/RMT.Нью-Йорк и Женева. – 2013. – 228 с.
- 49 Губенко В.К. Логистика: Учеб. Пособие [Текст]. – Мариуполь, 1996. – 252 с.
- 50 Партнерство з метою підвищення конкурентоспроможності економіки України на 2013-2014 роки [Текст] / Звіт Американської торгівельної палати в Україні. – 124 с.

- 51 Freight transport for development toolkit: Road Freight [Text]/ The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. DFID. USA, Washington. – 2009. – 53 p.
- 52 Rail investments: status quo and future perspectives [Text]/ Philippe Citroën Director General, UNIFE // Strasbourg Брошура 22 October, 2014. – 15 p.
- 53 Правила перевезення вантажів (Наказ Міністерства транспорту України від 21 листопада 2000 року N 644, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24 листопада 2000 р. за N 861/5082 зі змінами) [Електронний ресурс]. Офіційний сайт Укрзалізниці. – Режим доступу: [http://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/legal\\_documents/terms\\_of\\_freight](http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/terms_of_freight). – Назва з екрану.
- 54 Railway Market Analysis [Text]/ Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, Bonn. – 2013. – 81 p.
- 55 Das Anreizsystem Trasse der DB Netz AG - mit System Pünktlichkeit erreichen [Text]/ Die Basis der Zukunft. DB Netze. – 2013. – 8 p.
- 56 Joint Transport Research Centre of the OECD International Transport Forum [Text] / Survey on price and demand elasticity in terms of reliability in freight railway services. BSL Management Consultants GmbH & Co. KG, Hamburg. Broschuere. – 2008. – 35 p.
- 57 Pünktlichkeitsentwicklung 2015 [Електронний ресурс]/ Офіційний сайт DB BAHN. Режим доступу: [http://www.bahn.de/p/view/buchung/auskunft/puenktlichkeit\\_personenverkehr.shtml](http://www.bahn.de/p/view/buchung/auskunft/puenktlichkeit_personenverkehr.shtml) – Назва з екрану.
- 58 Pünktlichkeitsstatistik [Електронний ресурс]. Офіційний сайт ÖBB. Режим доступу: <http://www.oebb.at/de/Services/Puenktlichkeitsstatistik/index.jsp>
- 59 Performance. The number of trains that arrive on time has risen dramatically since we took over the running of Britain's railway in October 2002 [Електронний ресурс]. Офіційний сайт Network Rail. Режим доступу: <http://www.networkrail.co.uk/about/performance/> – Назва з екрану.
- 60 [Tirole J.](#) The Theory of Industrial Organization / [Jean Tirole](#). MIT Press, 1988. – 479 p.

- 61 Хусаинов, Ф. И. Экономические реформы на железнодорожном транспорте: монография. – М.: Издательский Дом «Наука», 2012. – 192 с.
- 62 Association Agreement between the European Union and its Member States, of the one part, and Ukraine, of the other part / Official Journal of the European Union (OJ L 161), 2014– 2137 p.
- 63 Klages, S.G. Algorithmic Railway Capacity Allocation in a Competitive European Railway Market/ Sebastian Georg Klages // Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation. Manuscript. – 2010. – 209 p.
- 64 Directive 2001/12/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 amending Council Directive 91/440/EEC on the development of the Community's railways[Text] / THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION // Official Journal of the European Communities (OJ L 075/1), 2001.– 25p.
- 65 Directive 2001/13/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 amending Council Directive 95/18/EC on the licensing of railway undertakings[Text] / THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION // Official Journal of the European Communities (OJ L 75/26), 2001.– 3p.
- 66 Directive 2001/14/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification [Text] / THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION // Official Journal of the European Communities (OJ L 75/29), 2001.– 18p.
- 67 An Assessment of Rail Market Operations and Rail Traffic Safety in 2013 / Departament Regulacji Rynku Kolejowego i Departament Bezpieczeństwa Kolejowego // Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa, 2014 – 143 p.

- 68 Polskie Linie Kolejowe S.A. Annual Report 2013 / Biuro Nieruchomości i Geodezji Kolejowej PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2014. – 79 p.
- 69 Максимович Б.М. Вопросы технико-экономического обоснования способов увеличения пропускной способности [Текст]/ Б .М. Максимович // « Эксплуатация железных дорог», 1941, № 4.
- 70 Беседин, И. А. Комплексная система расчета наличной пропускной способности железнодорожных участков (Дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08) И. А. Беседин, Науч. руковод. А.П. Батурин. МГУ ПС (МИИТ) М.: б.и., 2009. – 181 с.
- 71 Макарович, А. М. Оптимизация развития пропускной способности железнодорожных линий [Текст] / А. М. Макарович. - М.: Транспорт, 1969. – 198 с.
- 72 Расчет пропускной способности железных дорог. [Текст]: к изучению дисциплины / Е.В. Архангельский, Н.А. Воробьев, Н.А. Дроздов и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Транспорт, 1977. – 310 с.
- 73 Кудрявцев, В.А., Бадах В.И., Холодов Ю.И. Управление эксплуатационной работой дороги: учебное пособие [Текст] . – Л.: ЛИИЖТ, 1989. – 68 с.
- 74 Батурин, А.П. Комплексное решение задачи распределения грузопотоков и усиления пропускной способности линии полигона [Текст] // Тр. МИИТ. – 1976. – Вып. 537. – С. 17-35.
- 75 Козлов, И.Т. Пропускная способность транспортных систем [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. –214 с.
- 76 Правдин, Н.В. Методика расчета наличной пропускной способности одноканальных транспортных систем (на основе вероятностного подхода) [Текст] / Н.В. Правдин, В.Я. Негрей, Н.П. Негрей // Проблемы развития железнодорожных станций и узлов. Гомель: 1985. – С. 3-27.
- 77 UIC leaflet 406 R, Capacity. UIC International Union of Railways [Text], France, 2e édition. – Version traduite. List of recent publications, 2013 – 60 p.

- 78 Developing the UIC 406 Method for Capacity Analysis [Text] / Melody Khadem Sameni, Alex Landex, John Preston // Proceedings for 4th International Seminar on Railway Operations Research. 2011. – 19 p.
- 79 Браништов С.А., Ширванян А.М., Тумченко Д.А. Методы оценки пропускной способности железных дорог. Часть 1: Аналитические методы оценки и анализа использования // Информационно-управляющие системы. 2014. № 5. С. 51-57.
- 80 Gomez-Ibanez J.A. Regulating infrastructure: monopoly, contracts, and discretion [Text]. Harvard University Press, Cambridge, MA, USA. – 2003. – 448 p.
- 81 Peña-Alcaraz M. Rail Infrastructure Manager Problem: Analyzing Capacity Pricing and Allocation in Shared Railway System [Text] / Maite Peña-Alcaraz, Mort D. Webster, Andrés Ramos, Joseph M. Sussman // CESUN 2014 - Fourth International Engineering Systems Symposium to be held June 8-11, 2014 at Stevens Institute of Technology, 2014. – 8 p.
- 82 Abril, M. An assessment of railway capacity [Text] / M. Abril, F. Barber, L. Ingolotti, M. A. Salido, P. Tormos, A. Lova // Transportation Research Part, 2008 – 44. – P. 774-806.
- 83 Harrod, S. S. Railway capacity management and planning [Text] / Steven S. Harrod // PhD Thesis. Business Administration: Quantitative Analysis. University of Cincinnati. – 2007. – 215 p.
- 84 Aldous, D.J. Optimal spatial transportation networks where link costs are sublinear in link capacity [Text] / D J Aldous // Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment. – 2008. – Vol. 3. – P. 3006-3018.
- 85 Bussieck, M. R. Discrete optimization in public rail transport [Text]/ M. R. Bussieck, T. Winter, U. T. Zimmermann // Mathematical Programming, 1997. – Vol. 79B (1-3). – P. 415-444.
- 86 Watson, R. Railway scheduling. In: K.J. Button & D.A. Hensher (eds.), Handbook of Transport Systems and Traffic Control [Text]. Pergamon/Elsevier Science, Oxford, UK.– 2001. – P. 527-538.

- 87 Koolstra, K. Capaciteitsmanagement in de spoorwegsector. In: E.H. ten Heuvelhof, H.D. Stout & K. Koolstra (eds), Capaciteitsmanagement: beslissen over capaciteit van infrastructuur, Lemma, Utrecht, NL [in Dutch], 2001. – P. 95-115.
- 88 Assad, A.A. Modelling of Rail Networks: Toward a Routing [Text] / Makeup Model. Transportation Research. – 1980. – Vol. 14B. – P. 101-114.
- 89 Организация движения на железнодорожном транспорте. Ч.2. [Текст] / И.Г. Тихомиров, П.А. Сыцко, П.С. Грунтов и др.; Под общ.ред. И.Г. Тихомирова//. -3е изд. – Мн.:Высш. школа, 1979. – 224 с.
- 90 Заглядимов, Д. П. Организация движения на железнодорожном транспорте: Учебник для техникумов [Текст]/ Д.П. Заглядимов, А.П. Петров, Е.С. Сергеев. - 4-е изд. – М. : Транспорт, 1964. – 543 с.
- 91 Schlechte, T. Railway Track Allocation-Models and Algorithms [Text]. PhD thesis, Technische Universität Berlin. – 2012. – 244 p.
- 92 Регуляторная реформа железных дорог в России. – ЕКМТ, 2007. – 37 с.
- 93 Міщенко, М.І. Системний підхід в обґрунтуванні рівня витрат інфраструктури залізниць. [Текст], стаття. - Вісник ДНУЗТ. - Вип. 31. - Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010.- С. 296-300.
- 94 Weighted complex network analysis of travel routes on the Singapore public transportation system / Sonja Lim, Tianyou Zhang, Xiuju Fu, Gary Kee Khoon Lee, Terence Gih Guang Hung, Pan Di, Silvester Prakasam, Limsoon Wong // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2010. – Vol.389, Issue 24. – P. 5852–5863.
- 95 Li, W. Empirical analysis of a scale-free railway network in China [Text] / W. Li, X. Cai // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2007. – Vol. 382, Issue 2. – P. 693-703.
- 96 Sen, P. Small-world properties of the Indian Railway network [Text] / Parongama Sen, [Subinay Dasgupta](#), [Arnab Chatterjee](#), [P. A. Sreeram](#), [G. Mukherjee](#), [S. S. Manna](#) // Phys. Rev. – 2003. – Vol. 67, Iss. 3. – P. 36106-36111.

- 97 Seaton, K. A. Stations, trains and small-world networks [Text] / Katherine A., Lisa M. Hackett // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2004. – Vol. 339, Iss. 3–4. – P. 635-644.
- 98 Structural Properties of US Flight Network [Text] / Chi Li-Ping, Wang Ru, Su Hang, Xu Xin-Ping, Zhao Jin-Song, Li Wei, Cai Xu // [Chinese Physics Letters](#). – 2003. – Vol. 20, Iss. 8. – P. 1393- 1396.
- 99 Mohmand, Y. T. Complex Network Analysis of Pakistan Railways [Text] / Yasir Tariq Mohmand, Aihu Wang // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. –2014. – 5 p.
- 100 Ghosh, S. Statistical analysis of the Indian Railway Network: a complex network approach [Text] / S. Ghosh, A. Banerjee, N. Sharma et al., // *Acta Physica Polonica B, Proceedings Supplement*. – 2011. – Vol. 4, no. 2. – P. 123-138.
- 101 Crainic, T. G. Service network design in freight transportation [Text] / T. G. Crainic // *Eur. J. Oper. Res.*. – 2000. – Vol.122. –P.272-288.
- 102 Zhu, E. Integrated service network design in rail freight transportation [Text] / E. Zhu, T. G. Crainic, M. Gendreau // *Research Report CIRRELT-2009-45, CIRRELT, Montréal, Canada*. – 2009. – 36 p.
- 103 Ahuja, R.K. Solving real-life railroad blocking problems [Text] / R.K. Ahuja, K.C. Jha, J. Liu // *Interfaces*. – 2007. – 37. – P. 404-419.
- 104 Middelkoop, D. Train network simulator for support of network wide planning of infrastructure and timetables [Text] / D. Middelkoop, M. Bouwman // *In Computers in Railways*. – 2000. – VII. – P. 267-276.
- 105 Borndörfer R. The Freight Train Routing Problem [Text] / Ralf Borndörfer, Armin Fügenschuh, Torsten Klug, Thilo Schang, Thomas Schlechte, Hanno Schülldorf // *ZIB Technical Report ZR-13-36, 2013*. – 17 p.
- 106 Irwin, N. Capacity restraint in multi-travel mode assignment programs [Text] / N. Irwin, H. V. Cube // *Highway Research Board Bulletin*. – 1962. – Vol.347. – P.258-287.



- 107 Раев, П. В. Развитие методов автоматизированного расчета плана формирования поездов с учетом параметров инфраструктуры железнодорожного транспорта : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Павел Владимирович Раев; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения»; наук. руковод. Осьминин А. Т. – Санкт-Петербург, 2006. – 156.
- 108 Бутько, Т. В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин [Текст] / Т. В. Бутько, О. В. Лаврухін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. – Вип.7(1). – С. 16-19.
- 109 Ломотько Д.В. Удосконалення системи управління парком вантажних вагонів на залізницях України в нових умовах [ Текст] / Д. В. Ломотько, В.М. Запара, В. В. Кулешов, А. В. Кулешов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип . 119. – С.28-35.
- 110 Козаченко Д. М. Дослідження організації руху поїздів на залізничному напрямку [Текст] / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. В. Власюк // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доп. LXIX Міжнар. на -уково–практ. конф. – Д.: ДПТ , 2009. – С. 78-79.
- 111 Логвінова Н. О. Підвищення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Н. О. Логвінова; Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. В. Лазаряна. - Д., 2013. - 22 с.
- 112 Мозолевич, Г. Я. Вибір раціонального розподілу потоків поїздів по залізничному полігону [Текст]/ Г. Я. Мозолевич // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - No 56 (1029).– С.60-66.
- 113 Чибісов, Ю. В. Формування раціональних потоків поїздівна мережі залізниць / Чибісов Ю. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - No 56 (1029). – С. 66-76.

- 114 Тихомиров И.Г. Расчет двухпутных вставок для однопутных линий при автоблокировке. [Текст] / И.Г. Тихомиров // Сб. науч. тр. МИИТа, Вып. 72. М., Трансжелдориздат, 1948.
- 115 Тихонов, К.К. Техничко-экономические расчеты в эксплуатации железных дорог [Текст] / К.К. Тихонов // Монография. М.: Изд-во МПС, 1962. – 252 с.
- 116 Козин Б. С., Козлов И. Т. Выбор схем этапного развития железнодорожных линий. – М.: Трансжелдориздат, 1964.
- 117 Макаровичкин, А. М. Повышение пропускной способности железных дорог [Текст] / А. М. Макаровичкин. - М. : Знание, 1975. – 64 с.
- 118 Дьяков, Ю.В. Исследование вопросов комплексного усиления пропускной способности электрифицированных железнодорожных линий: автореф. дис... канд. техн. наук : 05.434 [Текст] / Ю. В. Дьяков; МИИТ. - М., 1970. – 25 с.
- 119 Батурин А. П. Теория выбора оптимального развития технического оснащения сети железных дорог (Дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.08) А.П. Батурин Науч. конс. Ю.В. Дьяков. МГУ ПС (МИИТ) М.: б.и., 2000. – 335 с.
- 120 Бегам Л. Г. Экономика эксплуатации перегонов однопутных линий. [Текст] / Л.Г. Бегам // Сб. научн. тр. МИИТа, вып. 12. М., Трансжелдориздат, 1929.
- 121 Васильев И.И. Графики и расчеты по организации железнодорожных перевозок. [Текст]/ И. И. Васильев // - М., Трансжелдориздат, 1941. – 23 с.
- 122 Баранов, А. М. Рациональная загрузка железнодорожных линий [Текст] / А. М. Баранов, В. Е. Козлов, А. Д. Чернюгов // Труды ЦНИИ. – М., Транспорт, 1968 г. – Вып.361. –207.
- 123 Левин, Д. Ю. Оптимизация потоков поездов [Текст] / Левин Д. Ю. – М. : Транспорт, 1988. – 175 с.
- 124 Ford, L. R. Jr. Maximal Flow Through a Network [Text] / L. R. Jr. Ford, D. R. Fulkerson // Canadian J. Math. – 1956. – 8(3). – P. 399-404.

- 125 Левин Д. Ю. Оптимизация оперативного управления перевозочным процессом в условиях развития диспетчерских центров: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук: специальность 05.22.08 - упр. процессами перевозок / Левин Дмитрий Юрьевич; [Моск. гос. ун-т путей сообщ.]. - Москва: 2009. - 48 с.
- 126 Bussieck, M. R. Optimal lines for railway systems [Text] / M. R. Bussieck, P. Kreuzer, U. T. Zimmermann // European Journal of Operations Research. – 1996. – 96. – 54-63
- 127 Bouma, A. Linienplanung und simulation für öffentliche verkehrswege in praxis und theorie [Text] / A. Bouma, C. Oltrogge // ETR Eisenbahntechnische Rundschau. – 1994. –43(6) . – P.369-378.
- 128 Park, B.-H. On the Railway Line Planning Models Considering the Various Halting Patterns [Text] / Bum Hwan Park, Chung-Soo Kim, Hag-Lae Rho // Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2010 , - P. 2146-2151.
- 129 Pena-Alcaraz M. Train Timetabling Problem for Complex Railway Systems [Text] / Pena-Alcaraz Maite, Andres Ramos, Paloma Fernandez, Antonio Cucala // XXIII European Chapter on Combinatorial Optimization – Combinatorial Optimization Conference ECCO-CO. – 2010. – 25 p.
- 130 Szpigel, B. Optimal train scheduling on a single track railway [Text] / B. Szpigel // In Proceedings of IFORS Conference on Operational Research'72. – 1973. – 72(6). – P. 343-352.
- 131 Sauder, R. Computer aided train dispatching: Decision support through optimization [Text] / R. Sauder, W. Westerman // Interfaces. – 1983. – 13(6) . – P.24-37.
- 132 Jovanovic, D. Tactical scheduling of rail operations [Text] / D. Jovanovic, P. T. Harker // Transportation Science. – 1991. – Vol. 25. – P.46-64.
- 133 Caprara, A. Modelling and solving the train timetabling problem [Text] / A. Caprara, M. Fischetti, P. Toth, // Operations Research. – 2002. – 50(5) . – P. 851-861.

- 134 Hansen, I. A.; Pachl, J. (eds.): Railway Timetabling & Operations. Analysis - Modelling - Optimisation - Simulation - Performance Evaluation. 2nd edition. Eurailpress, 2014. – 332 p.
- 135 Составление графика движения поездов на ЭЦВМ [Текст] / под. ред. А.П. Петров // Труды ЦНИИ. – М.: Трансжелдориздат. – 1962. – Вып. 203. – 222 с.
- 136 Каретников, А. Д. Исследование проблем совершенствования графика движения поездов [Рукопись] : авт. дис. д-ра т. н. / А. Д. Каретников; Москов. ин-т инж. ж.-д. трансп. - М., 1961. - 23 с.
- 137 Самарина, Н.А. Составление двухпутного графика движения поездов на ЭВМ [Текст]/Н.А.Самарина – М.: Изд-во «Транспорт», 1971. – 124 с.
- 138 Тишкин, Е.М. Автоматизация разработки графика движения поездов [Текст]/ Е.М.Тишкин – М.: Изд-во «Транспорт», 1974. – 136 с.
- 139 График движения поездов [Текст]. А.Д. Каретников, Н.А. Воробьев. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М:Транспорт, 1979 г.- 301 с.
- 140 Осьминин, А.Т. Об автоматизации графика движения поездов [Текст] /А.Т.Осьминин, В.А. Анисимов, Н.А. Ключев, Л.А. Осьминин, В.В. Анисимов – М.: «Железнодорожный транспорт», 2012. – Вып.4. – С. 3-9.
- 141 Sewcyk, B. Makroskopische Abbildung des Eisenbahnbetriebs in Modellen zur langfristigen Infrastrukturplanung. PhD thesis, Leibniz Universität Hannover, 2004. – 134 p.
- 142 Gibson, S. Allocation of capacity in the railway industry [Text] / S. Gibson // Utilities Policy. – 2003. –Vol. 11. – P.39-42.
- 143 Zhuang, Q. and Zhang, X. Slot Allocation Algorithm of Railway Freight Transportation Based on Sales Agreements [Text] / Q. Zhuang, X. Zhang // ICLEM. – 2014. – P. 129-135.
- 144 Klages, S. G. Algorithmic Railway Capacity Allocation in a Competitive European Railway Market [Text]/ Sebastian Georg Klages // PhD Thesis. RWTH Aachen. – 2010. – 209 p.

- 145 Borndörfer, R. An Auctioning Approach to Railway Slot Allocation [Text] / Ralf Borndörfer, Martin Grötschel, [Sascha Lukac](#), Kay Mitusch, Thomas Schlechte, Sören Schultz, Andreas Tanner // Competition and Regulation in Network Industries. – 2006. – Vol.1(2). – 163-196.
- 146 Lusby, R. M. Railway track allocation: models and methods [Text] / Richard M. Lusby, Jesper Larsen, Matthias Ehrgott, David Ryan // Journal OR Spectrum. – 2011. – Vol. 33 Is. 4. – P. 843-883.
- 147 Schlechte, T. Railway Track Allocation - Simulation and Optimization / Thomas Schlechte [Text] // Proceedings of 4th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis (IAROR), Vol.4, 2011. – 19 p. – (Preprint available as ZIB-Report 11-32).
- 148 Cao, C. Capacity allocation problem with random demands for the rail container carrier [Text] / Chengxuan Cao, Ziyou Gao, Keping Li // European Journal of Operational Research. – 2012. – Vol. 217, issue 1. – P. 214-221.
- 149 [Caprara](#), A. Algorithms for railway crew management [Text] / [Alberto Caprara](#), [Matteo Fischetti](#), [Paolo Toth](#), [Daniele Vigo](#), [Pier Luigi Guida](#) // Mathematical Programming. – 1997. – Vol.79. Issue 1-3. – P.125-141.
- 150 Некрашевич, В. И., Апатцев В. И. Управление эксплуатацией локомотивов [Текст]. Уч. пос.: – М.: РГОТУПС, 2004. – 257 с.
- 151 Ahuja, R. K. Solving Real-Life Locomotive-Scheduling Problems [Text] / Ravindra K. Ahuja, Jian Liu, James B. Orlin, Dushyant Sharma, Larry A. Shuhart // Transportation Science. – 2005. – Vol.39. –P. 503-517.
- 152 Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. – 2003. – 250 с.
- 153 Kuckelberg, A. Component based system architecture for railway capacity management systems [Text] / A. Kuckelberg // Quality Software, 2004. QSIC 2004. Proceedings. Fourth International Conference on 8-9 Sept. 2004. – P. 189 – 196.
- 154 Train Planning System TPS network Capacity Management [Text]. – HaCon Ingenieuresellschaft mbH, Hannover, Germany. – 8p.

- 155 Павлов, В.Л. Применение имитационного моделирования в автоматизированной системе оценки пропускной способности железных дорог [Текст] // Сборник докладов Пятой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Имитационное моделирование, теория и практика. - СПб., 2011. - Т.2 - С. 205-209.
- 156 Браништов С.А., Ширванян А.М., Тумченко Д.А. Методы оценки пропускной способности железных дорог. Часть 2: Параметрические модели, оптимизация, моделирование [Текст] // Информационно-управляющие системы. 2014. № 6. С. 68-74.
- 157 Lai, Y.-C. Enhanced Parametric Railway Capacity Evaluation Tool [Text] / Yung-Cheng (Rex) Lai, Christopher P. L. Barkan // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2009. – No. 2117. – P. 33–40.
- 158 Kuckelberg, A. Computer aided capacity management life cycle support [Text] / A. Kuckelberg, M. Hoffmann // In: Proc. of the 12th World Conference on Transport Research (WCTR), July 11-15, 2010, Lissabon, Portugal. – 14 p.
- 159 Janecek, D. LUKS - integriertes Werkzeug zur Leistungsuntersuchung von Eisenbahnknoten und – strecken [Text] / D. Janecek, F.Weymann, Th. Schaer // In: ETR. – 2010. – 59. – P. 25-32.
- 160 Wasserman, S., Faust, K., Social Network Analysis: Methods and Applications [Text] / Cambridge University Press, Cambridge, 1994. – 857 p.
- 161 Batagelj, V., Mrvar, A., Pajek: Package for Large Networks, Version 1.10 (October 25, 2005) [Text]. University of Ljubljana, Ljubljana. – 75 p.
- 162 Exploratory Social Network Analysis with Pajek (Structural Analysis in the Social Sciences) [Text] / W. de Nooy, Mrvar A., Batagelj V. // Cambridge University Press, Cambridge, 2005. – 364 p.

- 163 Skiena, S. Implementing Discrete Mathematics: Combinatorics and Graph Theory with Mathematica [Text]. Reading, MA: Addison-Wesley. – 1990. – P. 175.
- 164 Barabási, A.L. Emergence of scaling in random networks [Text] / Barabási, A.L., Albert, R. // Science. – 1999. – P. 509–512.
- 165 Linked: The New Science of Networks [Text]/ Barabasi, A.-L. // Basic Books, Cambridge, 2002. – 256 p.
- 166 Clauset, A. Power-law distributions in empirical data [Text] / A. Clauset, C.R. Shalizi, M.E.J. Newman // SIAM Review. – 2009. – Vol. 51(4). – P. 661-703.
- 167 Watts, D.J. Networks, dynamics, and the small-world phenomenon [Text] / D.J. Watts // American Journal of Sociology. – 1999. – Vol. 105(2). – P. 493-527.
- 168 Albert, R Statistical mechanics of complex networks [Text] / R. Albert, A.-L.Barabasi // Reviews of Modern Physics. – 2002. – 74. – P. 47-97.
- 169 Newman, M.E.J. The structure and function of complex networks [Text] / M.E.J. Newman // SIAM REVIEW. – 2003. –Vol.45. – P. 167-256.
- 170 Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. – [Чинний від 01.01.1996]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 33 с. – (Національний стандарт України).
- 171 Додонов, А. Г., Ландэ, Д. В. Живучесть информационных систем [Текст]. – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
- 172 Тарасевич, Ю. Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы: Учебное пособие [Текст]. М.: Едиториал УРСС, 2002. – 112 с.
- 173 Cuquet, M. Limited-path-length entanglement percolation in quantum complex networks [Text]/ Martı Cuquet, John Calsamiglia // Journals PHYSICAL REVIEW, 2011. – V. 83. – 14 p.
- 174 Broadbent, S.R. Percolation processes: I. Crystals and Mazes [Text] / S.R. Broadbent, J.M. Hammersley // Proc.Cambridge Phil. Soc. –1957. – Vol. 53. – P. 629–641.

- 175 Measures of critical exponents in the four dimensional site percolation [Text] / H. G. Ballesteros, L. A. Fernández, V. Martin-Mayor, G. Parisi, J. J. Ruiz-Lorenzo // *Physics Letters*. –1997. – Vol. B 400 (3). – P. 346–351.
- 176 Альфред, В. Ахо, Джон, Э. Хопкрофт, Джеффри, Д. Ульман, Структуры данных и алгоритмы [Текст]. – изд. дом «Вильямс», Москва. – 2000. – 384 с.
- 177 Newman, M. E. J. The Physics of Networks [Text]/ M.E.J. Newman // *Physical Today*. November, 2008. – P.33-38.
- 178 Складні мережі [Текст] / Ю. Головач, О. Олемской, К. фон Фербер, Т. Головач, О. Мриглод, І. Олемской, В. Пальчиков // *Журнал фізичних досліджень*. – 2006. – Т. 10. – № 4. – С. 247–289.
- 179 Albert, R. Attack and error tolerance of complex networks [Text] / R. Albert, H. Jeong, A. Barabasi // *Nature*. – 2000. – Vol. 406. – P. 378–382.
- 180 Newman, M. E. J. Scaling and percolation in the small-world network model [Text] / M. E. J. Newman, D. J. Watts // *Phys. Rev. E*. –1999. – Vol. E. – 60 (6). – P. 7332–7342.
- 181 Warren W. Science and Complexity [Text] / Weaver Warren // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36(4). – P. 536–544.
- 182 Johnson, S. Emergence: the connected lives of ants, brains, cities, and software/ Johnson Steven // New York: Scribner. – 2001. – 46 p.
- 183 Rasch, W. Theories of Complexity, Complexities of Theory: Habermas, Luhmann, and the Study of Social Systems [Text]/ William Rasch // *German Studies Review*. – 1991. – Vol. 14(1). – P. 65-83.
- 184 Göbel, J. Self-Organizing Transport Networks: Decentralized Optimization based on Genetic Programming [Text] / Johannes Göbel // Dissertation zugänglich unter, Universität Hamburg. Hamburg. Manuscript. – 2013. – 181 p.
- 185 Heylighen, F. Complexity and Self-organization / Francis Heylighen//the *Encyclopedia of Library and Information Sciences*, eds. M. J. Bates & M. N. Maack, Taylor & Francis, 2008. – 20 p.



- 186 Mainzer, K. Computer – Neue Flügel Des Geistes?: Die Evolution Computergestutzter Technik, Wissenschaft, Kultur Und Philosophie (Philosophie Und Wissenschaft) [Text] / K.Mainzer. — Walter de Gruyter, 1995. – 215 p.
- 187 Mainzer, K. Thinking in Complexity [Text] / K.Mainzer. – 3rd edition. – Springer Verlag, 1997. – 361 p.
- 188 Ashby, R.W. Principles of the self-organizing system [Text] / W. Ross Ashby // E:CO Special Double Issue. – 2004. – Vol. 6 Nos. 1-2. – P. 102-126.
- 189 Городецкий, В. И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации [Текст] / В. И. Городецкий // Изв. РАН. Теория и системы управления: журн. издается под рук. Отд-ния энергетики, машиностроения, механики и процессов упр. РАН. – 2012. – Вып. 2. – С. 92-120.
- 190 Haken, H. Information and Self-Organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems (3rd enlarged ed.) [Text]. – Springer, 2006. – 262 p.
- 191 Hayek, F.A. The Road to Serfdom: Text and Documents - The Definitive Edition. Volume 2 [Text] / F.A. Hayek; edit dy Bruce Caldwell. – Chicago: University Of Chicago Press, and London: Routledge, 2007. – 283 p. – (The Collected Works of F.A. Hayek).
- 192 Helbing, D. Managing Complexity: Insights, Concepts, Applications (Understanding Complex Systems) [Text]. – Springer: Softcover reprint of hardcover 1st ed. 2008 edition, 2010. – 393 p.
- 193 Brünger, O. Fahrplantrassen managen und Fahrplanerstellung simulieren [Text] / O. Brünger, T. Gröger // In: Mobilität und Verkehrsmanagement in einer vernetzten Welt.19. Verkehrswissenschaftliche Tage Dresden, Technische Universität Dresden, Fakultät für Verkehrswissenschaften “Friedrich List”, Dresden, Germany, 2003. – 29 p.
- 194 Krueger, H. Parametric modeling in rail capacity planning [Text] / H. Krueger // Proceedings of the 31<sup>st</sup> Conference on Winter simulation, eds. P.A.

- Farrington, H.B. Nembhard, D.T. Sturrock & G.W. Evans, ACM Press New York, NY, USA, Phoenix, Arizona, United States, 1999. – P. 1194.
- 195 Хакен, Г. Синергетика [Текст]. – М.: Мир, 1980. – 406 с.
- 196 Levinson, D. Self Organization of Surface Transportation Networks [Text] / David Levinson, Yerra Bhanu // Transportation Science. – 2006. – 40(2). – P. 179-188.
- 197 UIC Code 714 R Classification of lines for the purpose of track maintenance – 3rd edition [Text] / International Union of Railways, 1989. – 9 p.
- 198 Track Standards Manual - Section 1: Basic Track Category Matrix [Text] / Railway Group Standard, GC/RT5023, 1995. – 7 p.
- 199 Розробка класифікації залізничних напрямків на категорії інфраструктури за техніко-експлуатаційними характеристиками: звіт з НДР [Текст] / Українська державна академія залізничного транспорту; керівник Бутько Т.В.; відповідальний виконав. Прохорченко А.В. [та ін.]. – Х., 2012. . – 71 с. – РК № 0112U005264.
- 200 ДБН-В.2.3-19-2008 Державні будівельні норми. Споруди транспорту. Залізниця колії 1520 мм. – Введений 2008-01-26. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 126 с.
- 201 Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України ЦД-0036 затвердженої наказом Укрзалізниця від 14 березня 2001 р. № 143/Ц; навч.-метод. посіб. [Текст]/ О.Ф. Вергун, Н.В. Липовець, В.М. Боголій. –К.: Транспорт України, 2002. – 376 с.
- 202 Европейское соглашение о международных магистральных железнодорожных линиях (СМЖЛ) / Женева, 31 мая 1985 г., с изменениями 2000-2010 гг. (С.N.68.2000. TREATIES-1, С.N.255.2001. TREATIES-1, С.N.202.2003. TREATIES-1, С.N.140.2005. TREATIES-1, С.N.650.2006. TREATIES-2 С.N.532.2007. TREATIES-1 С.N.711.2010. TREATIES-1). Европейская экономическая комиссия комитет по внутреннему транспорту, 2010. – 9 с.

- 203 Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1555-р від 16.12.2009 р.[Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України 1994-2014. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1555-2009-%D1%80>. – Назва з екрану.
- 204 Транспортна стратегія України: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України № 2174-р від 20.10.2010 р. .[Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України 1994-2014. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>. – Назва з екрану.
- 205 Мінаєв, Ю. М. Класифікація об'єктів на підставі тензорних моделей [Текст] / Ю. М. Мінаєв, Д. М. Вінник, А. В. Гайдай, Д. В. Апонасенко, Є. О. Гончарова // Науковий журнал “Наукоємні технології”. – 2009. – Том. 3(3). – С. 69-72.
- 206 Дюран, Б. Кластерный анализ [Текст]/ Б. Дюран, П. Оделл. – М. : Статистика, 1977. – 125 с.
- 207 Методичний посібник до практичних занять з навчальної дисципліни «Математичні методи дослідження операцій» [Текст]/ Ланде Д.В., Зубок В.Ю. / Під заг. ред. Д.В Ланде. – К.: ІСЗЗІ НТУУ «КПІ», 2013. – 90 с.
- 208 Правила технічної експлуатації залізниць України: Затверджено наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 р. № 411. – К.: Поліграф сервіс, 2002. – 133 с.
- 209 Розробка вимог щодо визначення нормативної чисельності персоналу з організації перевезень та поточного утримання інфраструктури залізничного напрямку: звіт з НДР/ Українська державна академія залізничного транспорту; керівник Бутько Т.В.; відповідальний виконав. Прохорченко А.В. [та ін.]. – Х., 2012. . – 71 с. – РК № 0112U005264, 2012р.
- 210 Railway capacity analysis: methodological framework and harmonization perspectives [Text] / Evangelia Kontaxi, Stefano Ricci //12th WCTR, July 11-15, 2010 – Lisbon, Portugal. – 21 p.

- 211 Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України ЦД-0040, затверджена наказом Укрзалізниці від 05.04.2002 № 170-Ц. [Текст] / Розроб.: О.Ф. Вергун, В.І. Науменко, М.Й. Семенюк та ін. –К.: Транспорт України, 2002. – 164 с.
- 212 Грунтов, П. С. Эксплуатационная надежность станций [Текст]. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.
- 213 Kraft, E.R. Jam Capacity of Single Track Rail Lines [Text] / E.R. Kraft // Proceedings of the Transportation Research Forum, 1982. – 23 (1) – P. 461-671.
- 214 IEEE Std 493-1990: IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems.
- 215 Vromans, M.J.C.M. Reliability of Railway Systems [Text] / The Erasmus Research Institute of Management (ERIM). – 2005. – 245 p.
- 216 Nyström, Birre, Punctuality and Railway Maintenance [Text] / Nyström Birre // LICENTIATE THESIS Luleå: University of Technology Department of Applied Physics and Mechanical Engineering Division of Machine Elements. – 2005. – 76 p.
- 217 Kaas, A. H. Punctuality model for railways [Text] / A. H. Kaas, J. Allan, R. J. Hill, C. A. Brebbia, G. Sciutto, S. Sone // Proc. of the 7th International conference on Computers in Railways. – 2000. – P.853-860.
- 218 Delorme, X. Stability evaluation of a railway timetable at station level [Text] / Xavier Delorme, Xavier Gandibleux, Joaquin Rodriguez // European Journal of Operational Research. – 2009. – Vol. 195 (Issue 3). – P. 780-790.
- 219 Landex, A. Evaluation of railway capacity [Text] / Alex Landex, Anders H. Kaas, Bernd Schittenhelm, Jan Schneider-Tilli// Trafikdage på Aalborg Universitet. – 2006. – 22 p.
- 220 Landex, A. Network effects in railway systems [Text]/ Alex Landex // Association for European Transport and contributors. – 2007. –16 p.
- 221 Lai, Yung-Cheng Enhanced Parametric Railway Capacity Evaluation Tool [Text] / Yung-Cheng (Rex) Lai, Christopher P.L. Barkan// Transportation

- Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2009. – Vol. 2117. – P. 33-40.
- 222 Krueger, H. Parametric Modeling in Rail Capacity Planning, Proceedings of Winter Simulation Conference [Text]. – Phoenix, AZ, 1999. – P. 1194-1120.
- 223 Greenshields, B. A study of traffic capacity. Highway Research Board / B. Greenshields // Proceedings of the annual meeting of the Highway Research Board. – 1935. – Vol. 14. – P. 448-477.
- 224 Daganzo, C.F. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory [Text] / C.F. Daganzo // Transportation Research. – 1994. – V. 28, N. 4. – P. 269-287.
- 225 Куржанский, А.Б. Роль макро моделирования в активном управлении транспортной сетью [Текст] / А.Б. Куржанский, А.А. Куржанский, П. Варайя // ТРУДЫ МФТИ. – 2010. – Т. 2. – № 4. – С.73-81.
- 226 Кленов, А.С. Теория Кернера трех фаз в транспортном потоке - новый теоретический базис для интеллектуальных транспортных технологий [Текст]// А.С. Кленов // ТРУДЫ МФТИ. – 2010. – Т. 2. – № 4. – С. 75-89.
- 227 Kerner, B.S. Experimental features of self-organization in traffic flow [Text] // Physical Review Letters. – 1998. – V. 81, N. 17. – P. 3797- 3800.
- 228 Kerner, B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control. [Text] – Berlin: Springer, 2009. – 278 p.
- 229 Левин, Д.Ю. Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом: Учебное пособие [Текст]. – М.: Маршрут, 2005. – 760 с.
- 230 Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учебное пособие [Текст]/ Издание 2-е, испр. и доп./ Под ред. А.В.Гасникова. – М.: МЦНМО, 2013. – 427 с.
- 231 Shvetsov, V. Macroscopic dynamics of multilane traffic [Text] / V. Shvetsov, D. Helbing // Phys. Rev. E. – 1999. – Vol. 59. – P. 6328–6339.

- 232 Грунтов, П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте [Текст]/ Под ред. П.С. Грунова. – М.: Транспорт, 1994. – 543с.
- 233 Лещинский, Е. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте [Текст]. – М.: Транспорт, 1977. – 176 с.
- 234 Barber, F. Survey of automated Systems for Railway Management, Technical Report [Text] / Barber, F., Abril, M., Salido, M.A., Ingolotti, L., Tormos, P., Lova, A. // Department of Computer Systems and Computation, Technical University of Valencia, DSIC-II/01/07. – 2007.
- 235 Österreichische Bundesbahnen (ÖBB) [Text], UIC – Capacity Leaflet 3 – Capacity calculations – Final draft ÖBB, 2004.
- 236 Самарина, Н.А. Составление двухпутного графика движения поездов на ЭВМ [Текст]. – М.: Транспорт, 1973. – 123 с.
- 237 Самарина, Н.А. Применение ЭВМ для разработки графиков движения на направлениях, примыкающих к узлу [Текст] / Н.А. Самарина // Сб. науч. трудов Всеоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1974. – Вып. 517. – 136 с.
- 238 Тишкин Е.М. Автоматизация разработки графика движения поездов [Текст] // Сб. науч. трудов Всеоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. М.: Транспорт, 1974. – Вып. 517. – 136 с.
- 239 Тишкин Е.М. График движения поездов в автоматизированной системе управления [Текст] // Каретников А.Д., Воробьев Н.А. График движения поездов. – М.: Транспорт, 1979. – С. 227-266.
- 240 Каретников А.Д., Воробьев Н.А. Совершенствование графика движения поездов и улучшение использования пропускной способности железнодорожных линий [Текст] // Тр. ЦНИИ МПС. – М.: Трансжелдориздат, 1960. . – Вып. 203. – 222 с.
- 241 Oliveira, E. A Job-Shop Scheduling Model for the Single-Track Railway Scheduling Problem [Text] / Oliveira, E., Smith, B.M.// Research Report University of Leeds, 2000. – 21 p.

- 242 IEEE Std 493-1990: IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems [Text]. – 1991. – 416 p.
- 243 Vromans, M.J.C.M. Reliability of Railway Systems [Text] / The Erasmus Research Institute of Management (ERIM). – 2005. – 245 p.
- 244 Грунтов, П. С. Эксплуатационная надежность станций [Текст]. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.
- 245 Goverde, Rob M.P. A delay propagation algorithm for large-scale railway traffic networks [Text] / Rob M.P. Goverde // 11th IFAC Symposium: The Role of Control. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2010. – Volume 18, Issue 3. – P. 269–287.
- 246 Modeling Uncertainty in Rail Freight Operations: Implications for Service Reliability [Text] / Vishnu Charan Arcot. – ProQuest, 2007. – 134 p.
- 247 Проведення дослідного автоматизованого розрахунку нормативного графіку руху поїздів на залізничному напрямку: звіт з НДР [Текст] / Українська державна академія залізничного транспорту; керівник Бутько Т.В.; відповідальний виконав. Прохорченко А.В. [та ін.]. – Х., 2014. – 108 с. – ДО № 0214U005803.
- 248 Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов [Текст]. – 6-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
- 249 Krüger, Niclas A. Spatial, Temporal and Size Distribution of Freight Train. Delays: Evidence from Sweden [Text] / Niclas A. Krüger, Inge Vierth, Farzad Fakhraei Roudsari // Working papers in Transport Economics. – 2013. – No. 8 – P. 32.
- 250 Al-Ibrahim A. Dynamic delay management at railways: a Semi-Markovian Decision approach [Text] / A. Al-Ibrahim // (Dissertation Ph.D.) Academisch proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor aan de Universiteit van Amsterdam, 2010. – 233 p.
- 251 Goverde Rob M.P. Punctuality of Railway Operations and Timetable Stability Analysis [Text] / Robert Michael Petrus GOVERDE // Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Delft.

TRAIL Thesis Series no. T2005/10, The Netherlands TRAIL Research School for Transport, Infrastructure and Logistics, and financed by Delft University of Technology, 2005. – 310 p.

- 252 Закон України «Про особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту» від 23.02.2012 р. № 4442-IV Верховна Рада України Голос України 2012, N51 від 21.03.2012 Із змінами, внесеними згідно із Законом № 222-VIII від 02.03.2015, ВВР, 2015, № 23, ст.158 [Електронний ресурс]: [Верховна Рада України 1994-2015; програмно-технічна підтримка – Відділ баз даних нормативно-правової інформації]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/4442-17>. – Назва з екрану.
- 253 Alexandrov, N. M. Analytical and Computational Properties of Distributed Approaches to MDO / N. M. Alexandrov, R. M. Lewis // 8th AIAA/USAF/NASA/ISSMO Symposium on Multidisciplinary Analysis & Optimization: American Institute of Aeronautics and Astronautics Paper no. 2000-4718, Long Beach, CA 6-8 September 2000. – 13 p.
- 254 Capone, A. Multi-Layer Network Design with Multicast Traffic and Statistical Multiplexing / A. Capone, G. Carello, R. Matera // IEEE Global Telecommunications Conference (IEEE GLOBECOM), Washington, USA. – 2007. – P. 2565–2570.
- 255 Агеев, Д.В. Проектирование современных телекоммуникационных систем с использованием многоуровневых графов [Текст] / Д.В. Агеев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 4/2 (46). – С. 75 – 77.
- 256 Lozano, A. Shortest viable path algorithm in multimodal networks [Text] / A. Lozano, G. Storchi // Transportation Research. – 2001. – № 35, part A. – P. 225 – 241.
- 257 Харари, Ф . Теория графов [Текст]. М.: Наука, 1973. – 300 с.
- 258 Ху Т. - Целочисленное программирование и потоки в сетях [Текст] / пер. с англ. М. Мир. – 1974г. – 519 с.



- 259 Розробка технології автоматизації корегування ПФП в умовах нерівномірного виникнення потужних струменів вагопотоків: звіт з НДР/ Українська державна академія залізничного транспорту; керівник Бутько Т.В.; відповідальний виконав. Прохорченко А.В. [та ін.]. – Х., 2010. – 273 с. – ДО № 0211U005391.
- 260 Организация движения на железнодорожном транспорте. Ч.2. / И.Г. Тихомиров, П.А. Сыцко, П.С. Грунтов и др.; Под общ.ред. И.Г. Тихомирова//. -3е изд. – Мн.:Выш. школа, 1979. – 224 с.
- 261 Шульженко П.А. Методика технико-экономических расчетов при усилении линии для пропуска сдвоенных поездов (Учебное пособие)/ П.А. Шульженко // БелИИЖТ. – Гомель. – 1972 .– 61 с.
- 262 Scoping study for scarcity charges Final report for the Office of Rail Regulation [Electronic resource]: [([Report](#)) Dec 2005 / Institute of Transport Studies, University of Leeds: Chris Nash, Daniel Johnson, Jonathan Tyler (16 p.)]. – UK Government Web Archive– Mode of access: World Wide Web: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140103114129/http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/its\\_uleeds\\_report.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140103114129/http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/its_uleeds_report.pdf). – Title from the screen.
- 263 Lam, L. Active-walker models: Growth and form in nonequilibrium systems [Text] / L. Lam, R. Pochy // Computation Simulation. – 1993. – Vol.7. – 534-541.
- 264 Helbing, D. Modeling the evolution of human trail systems [Text] / D. Helbing, J. Keltsch, P. Molnár // Nature. – 1997. – Vol.388. – P. 47-50.
- 265 Yamins, D. Growing urban roads [Text] / D. Yamins, S. Rasmussen, D.Fogel // Networks and Spatial Economics. – 2003. – Vol.3. – P. 69–85.
- 266 Fiedler, M. Algebraic connectivity of graphs [Text] / Miroslav Fiedler // Czechoslovak Mathematical Journal. –1973. –23(2). – P. 298-305.
- 267 Спектры графов. Теория и применение [Текст] / Цветкович Д., Дуб М., Захс Х. – Киев: Наук. думка. – 1984. – 384 с.
- 268 Mohar, B. The Laplacian spectrum of graphs [Text] / Bojan Mohar // Graph Theory, Combinatorics, and Applications / Ed. by Yousef Alavi, G.

- Chartrand, Ortrud R. Oellermann, A. J. Schwenk. — New York: John Wiley & Sons, 1991. — P. 871-898.
- 269 Zhang, X.-D. The Laplacian eigenvalues of graphs: a survey [Text] / Xiao-Dong Zhang // Linear Algebra Research Advances. — 2007. — p. 201-228.
- 270 Shlomo, H. Expander graphs and their applications" / Hoory Shlomo, Linial Nathan, Wigderson Avi// Bulletin (New series) of the American Mathematical Society. — 2006. — Vol. 43 (4). — P. 439-561.
- 271 Donetti, L. Entangled Networks, Synchronization, and Optimal Network Topology [Electronic resource] / Luca Donetti, Pablo I. Hurtado, Miguel A. Muñoz [Phys. Rev. Lett. 95, 188701 – Published 24 October 2005 – 15 p.] – Mode of access: World Wide Web: <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0502230.pdf>. – Title from the screen.
- 272 Jamakovic, A., Mieghem, P. V., 2008. On the robustness of complex networks by using the algebraic connectivity. In: et al, A. D. (Ed.), Networking 2008 Ad Hoc and Sensor Networks, Wireless Networks, Next Generation Internet. pp. 183-194.
- 273 Kim, Y. On maximizing the second smallest eigenvalue of a state-dependent graph laplacian [Text] / Y. Kim, M. Mesbahi // IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL, January 2006. — 51(1).
- 274 Vargo, E. Towards optimal transport networks [Text]/ E. Vargo, R. Kincaid, N. Alexandrov // Systemics, Cybernetics and Informatics. — 20108. — Vol.4. — 59-64.
- 275 Kincaid, R.K. Probing the effects of synchrony on the structure of air transport networks [Text] / R.K. Kincaid, N.Alexandrov, J.S. Billie // Proceedings of Eighteenth International symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS2008), Blacksburg, VA, July 28 – August 1, 2008. — 12 p.
- 276 Wei, P. Weighted Algebraic Connectivity: An Application to Airport Transportation Network [Text] / PengWei, Dengfeng Sun // Preprints of the

- 18th IFAC World Congress Milano (Italy) August 28 - September 2, 2011. – 13864- 13869.
- 277 Barthelemy, M. Spatial Networks [Text] / Marc Barthelemy // Physics Reports. – 2011. – Vol.499.– P. 1-101.
- 278 Sawaragi, Y. Theory of Multiobjective Optimization [Text] / Y. Sawaragi, H. Nakayama, T. Tanino. – Orlando, FL: Academic Press Inc., 1985. – 296 p.
- 279 Cook, S.A.: The complexity of theorem-proving procedures [Text]/ Cook S.A.: // Proc. 3rd. Annual ACM Symp. Theory of Computing.– New York, 1971.– pp. 151–158.
- 280 Karp, R.M.: Reducibility among combinatorial problems [Text]/ R.M Karp// In: Miller, R.E., Thather, J.W. (eds.): Complexity of Computer Computations, Plenum press, New York, 1972.– pp. 85–103.
- 281 Гери, М.Р. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи [Текст] / Гери М.Р., Джонсон Д.С.. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
- 282 Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія [Текст] / Під заг. ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.
- 283 Socha, K. Ant Colony Optimization for Continuous Domains [Text] / K. Socha, M. Dorigo // European Journal of Operational Research. – 2006. – Vol. 185, No. 3. – P. 1155-1173.
- 284 ACO for Continuous Domains in MATLAB [Electronic resource]: [The Yarpiz project is aimed to be a resource of academic and professional scientific source codes and tutorials] – Mode of access: World Wide Web: <http://yarpiz.com/67/ypea104-acor>. – Title from the screen.
- 285 Поттгофф, Г. Учение о транспортных потоках [Текст]. Перевод с немецкого Шейко В.И. и Воскресенского В.Н.. Под редакцией Нестерова Е.П.. М. Изд-во Транспорт. – 1975. – 344 с.
- 286 Жуковицький І.В. Принципи побудови системи підтримки прийняття рішень і управління вантажними перевезеннями на основі аналітичних

- серверів АСК ВП УЗ / Жуковицький І.В., Скалозуб В.В., Устенко А.Б. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 17. – С.28-34.
- 287 Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий ) [Текст]: пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. – Д.: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.- д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
- 288 Seidel, B. From Directive to practice: German railway industry in transition / Bernd Seidel [Electronic resource]: [Association for European Transport. European Transport Conference, 2002] – Electronic data. – AET Papers Repository. – Mode of access: World Wide Web: <http://abstracts.aetransport.org/paper/index/id/1433/confid/8> (viewed on June 12, 2015). – Title from the screen.
- 289 Braun, I. New Revenue Management Strategies for Railway Network Providers [Text] / Imma Braun, Martin Schroeder, Eckehard Schnieder // Computer-Aided Scheduling of Public Transport. Series Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer Berlin Heidelberg, 2001. – Vol. 505. – P. 415-428.
- 290 Жук, Е. Сетевая компьютерная система составления графика движения поездов на железных дорогах Польши [Текст]/ Е. Жук // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2006. – Вып. 5. – С.15-19.
- 291 Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community [Text] / The European Parliament and the Council of the European Union // Official Journal of the European Communities (L 191/1), 2008. – 45 p.
- 292 Decisions Commission Implementing Decision 2014/880/EU of 26 November 2014 on the common specifications of the register of railway infrastructure and repealing Implementing Decision 2011/633/EU [Text] / THE

EUROPEAN COMMISSION // Official Journal of the European Communities  
(L 356/489), 2014. – 31 p.

- 293 Чернецька-Білецька Н. Б. Аналіз систем автоматизації управління технологічними процесами на станціях залізничного транспорту [Текст] / Н. Б. Чернецька-Білецька, В. О. Павлюченко, С. В. Кононенко // Вісник Інженерної академії України. - 2013. - Вип. 3-4. - С. 185-187.
- 294 Гаскаров, Д.В. Интеллектуальные информационные системы [Текст]. Учеб. Для вузов. – М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.
- 295 Пьявченко, Т.А., Финаев В.И. Автоматизированные информационно-управляющие системы [Текст]. - Таганрог : Изд- во ТРТУ, 2007. – 271 с.
- 296 Балака, Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: Навчальний посібник [Текст]. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 210 с.

