



Українська державна академія залізничного транспорту

На правах рукопису

Розсоха Олександр Володимирович

УДК 656.212.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ
СТРУКТУР ЇХ ГОРЛОВИН**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

**Науковий керівник
Огар Олександр Миколайович,
кандидат технічних наук,
доцент**

Харків – 2010

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ СТРУКТУР ТА ТЕОРІЇ	
РОЗРАХУНКУ ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН.....	13
1.1. Аналіз відомих структур гіркових горловин вітчизняних і закордонних сортувальних пристроїв.....	13
1.2. Аналіз існуючих методів розрахунку та оцінки структур гіркових горловин.....	21
1.3. Висновки до розділу 1.....	28
РОЗДІЛ 2	
РОЗРОБКА І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
НОВОГО КЛАСУ СТРУКТУР ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН.....	30
2.1. Розробка нового класу структур гіркових горловин.....	30
2.2. Дослідження ефективності застосування структур гіркових горловин нового класу з позиції капіталовкладень у вагонні уповільнювачі.....	32
2.2.1. Вибір режимів гальмування розрахункових бігунів на гальмових позиціях спускної частини сортувальної гірки.....	32
2.2.2. Моделювання скочування бігунів у розрахункових сполученнях.....	34
2.2.3. Аналіз результатів моделювання скочування бігунів.....	37
2.3. Визначення конструктивних параметрів сортувальних гірок при застосуванні структур гіркових горловин нового класу.....	39

2.4. Розробка математичної моделі визначення раціонального варіанту розташування вагонних уповільнювачів на спускній частині.....	41
2.4.1. Формалізація поставленої задачі.....	41
2.4.2. Аналіз підходів щодо вибору методу вирішення поставленої задачі оптимізації.....	46
2.4.3. Визначення раціонального числа уповільнювачів.....	53
2.5. Висновки до розділу 2.....	71

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МЕТОДУ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ

СТРУКТУР ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН.....	75
3.1. Фактори, що характеризують структуру гіркової горловини.....	75
3.2. Формалізація визначення показників надійності структури гіркової горловини.....	77
3.3. Формалізація оцінки структур гіркових горловин.....	98
3.4. Оцінка та сфери застосування нових структур гіркових горловин.....	103
3.5. Висновки до розділу 3.....	106

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУР

ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН.....	108
4.1. Удосконалення методики економічної оцінки варіантів проектних рішень сортувальних пристроїв.....	108
4.2. Економічна оцінка застосування структур гіркових горловин нового класу.....	114
4.3. Висновки до розділу 4.....	119
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	123

ДОДАТОК А

СТРУКТУРНА СХЕМА ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....133

ДОДАТОК БСТРУКТУРИ ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН ЗАКОРДОННИХ
І ВІТЧИЗНЯНИХ СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ.....134**ДОДАТОК В**

СТРУКТУРИ ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН.....139

ДОДАТОК ДРЕЗУЛЬТАТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
СКОЧУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ БІГУНІВ.....146**ДОДАТОК Е**РОЗРАХУНКОВІ КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ
СОРЕУВАЛЬНИХ ГІРОК ПРИ ЗАСТОСУВАННІ
СТРУКТУР ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН НОВОГО КЛАСУ.....169**ДОДАТОК Ж**ПОКАЗНИКИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ
СТРУКТУР ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН.....231**ДОДАТОК З**ПРОЦЕДУРА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО
ВАРІАНТУ РОЗМІЩЕННЯ ВАГОННИХ УПОВІЛЬНЮВАЧІВ
НА СПУСКНІЙ ЧАСТИНІ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ.....236**ДОДАТОК К**ОЦІНКА СТРУКТУР ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН НОВОГО
КЛАСУ ЗА КОМПЛЕКСНИМ ПОКАЗНИКОМ ЯКОСТІ.....249**ДОДАТОК Л**РЕКОМЕНДОВАНІ СТРУКТУРИ ГІРКОВИХ
ГОРЛОВИН ДЛЯ СТАНЦІЙ ПІВДЕННОЇ ЗАЛІЗНИЦІ.....265**ДОДАТОК М**

АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ.....268

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- СГ – сортувальна гірка
- СГГ – структура гіркової горловини
- ГМП – гірка малої потужності
- ГСП – гірка середньої потужності
- ГВП – гірка великої потужності
- ГПП – гірка підвищеної потужності
- ВГ – вершина гірки
- РТ – розрахункова точка
- СЗ – стрілочна зона
- ГП – гальмова позиція
- 1ГП – перша гальмова позиція
- 2ГП – друга гальмова позиція
- ПГП – паркова гальмова позиція
- ХБ – хороший бігун
- ДХБ – дуже хороший бігун
- ПБ – поганий бігун
- ДПБ – дуже поганий бігун

ВСТУП

Ефективність функціонування СГ залізниць України в першу чергу залежить від спроможності їх технічних засобів забезпечувати раціональне використання паливно-енергетичних, виробничих і перевізних ресурсів при виконанні основних операцій сортувального процесу. Стан використання вказаних ресурсів на даний момент є досить незадовільним, що обумовлюється рядом факторів, серед яких основними є значний знос (біля 70%) засобів регулювання швидкості скочування відчепів з гірки, недосконалість конструкції сортувальних пристроїв і технології сортувального процесу, низький рівень автоматизації та інші. В теперішній час на рівні теоретичних досліджень удосконаленню технології роботи гірки та її конструктивних параметрів приділяється достатньо уваги. Однак однозначний підхід до її проектування і експлуатації поки що не сформовано. Таким чином, ефективність функціонування СГ обумовлена можливістю зменшення паливно-енергетичних витрат та інших ресурсів при забезпеченні необхідного рівня надійності.

Підставою для визначення теми дисертаційного дослідження є положення Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України, які відносяться до здійснення комплексу заходів щодо забезпечення надійності перевезень та енергозбереження.

Актуальність теми.

Значний вплив на ефективність функціонування СГ здійснюють конструктивні особливості їх колійного розвитку. Саме його структура визначає розміщення вагонних уповільнювачів на плані гіркової горловини, допустиме їх число в межах ГП спускної частини і можливість застосування тих чи інших засобів регулювання швидкості скочування відчепів, що певним чином відображається на якості сортувального процесу. Традиційні підходи до проектування гіркових горловин з позиції використання паливно-енергетичних, виробничих (зокрема вагонних уповільнювачів) і перевізних ресурсів не в повній мірі задовольняють сучасним вимогам до їх збереження. У зв'язку цим своєчасними є дослідження, що

спрямовані на удосконалення конструктивних параметрів гіркових горловин і створення математичних моделей визначення раціональних варіантів механізації СГ, що кваліфікує тему дисертації як актуальну і спрямовану на вирішення важливої наукової задачі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності з Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту України (розпорядження від 27.12.2006р. № 651-Р), Законом України «Про енергозбереження» (№ 74/94-ВР), науково-дослідною роботою «Розробка Єдиного технологічного процесу роботи під'їзної колії Закритого акціонерного товариства «Донецьксталь» - металургійний завод» та станції примикання Донецьк ДП «Донецька залізниця» (державна реєстрація №0108U003761).

Мета та задачі дослідження.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом удосконалення структур гіркових горловин на основі забезпечення збереження виробничих ресурсів та надійності їх експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі (додаток А):

- 1) провести аналіз відомих структур та теорій розрахунку параметрів гіркових горловин;
- 2) розробити новий клас СГГ і провести дослідження ефективності їх застосування на СГ залізничних станцій України;
- 3) визначити конструктивні параметри СГ зі СГГ нового класу для кліматичних умов України;
- 4) розробити математичну модель визначення раціонального варіанту розміщення гальмових засобів в межах спускної частини СГ;
- 5) сформулювати та формалізувати процедуру визначення властивостей надійності СГГ;

- б) розробити метод комплексної оцінки СГГ;
- 7) оцінити економічну ефективність впровадження нового класу СГГ.

Об'єкт дослідження – функціонування сортувальної гірки.

Предмет дослідження – конструктивні параметри гіркової горловини.

Методи дослідження.

Методи імітаційного моделювання із застосуванням ПЕОМ використано при дослідженнях сфер застосування нового класу СГГ з позиції капіталовкладень у вагонні уповільнювачі та визначенні конструктивних параметрів СГ зі структурами горловин вказаного класу. Методи теорій імовірності, надійності та диференціального обчислення використано при визначенні показників властивостей надійності СГГ. Методи нелінійного цілочисельного програмування для вирішення оптимізаційних комбінаторних задач використано при визначенні раціонального варіанту механізації СГ зі структурами горловин нового класу. Методи теорій міри та статистичного аналізу використано при розробці методу комплексної оцінки СГГ.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше запропоновано теоретичні підходи щодо розробки нового класу структур гіркових горловин, які на відмінність від існуючих базуються на використанні малопотужних уповільнювачів на 3-х і більше гальмових позиціях спускної частини, що забезпечує плавність регулювання швидкості скочування відчепів, більшу точність реалізації заданих швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій, високий ступінь використання сумарної наявної потужності гальмових засобів спускної частини і, як результат, підвищення рівня збереження виробничих і перевізних ресурсів. Для вибору ефективної структури гіркової горловини при заданих умовах експлуатації вперше розроблено:

– математичну модель визначення раціонального варіанту розміщення гальмових засобів в межах спускної частини сортувальної гірки зі структурами

горловин будь-якого класу, яка базується на математичному апараті нелінійного цілочисельного програмування для вирішення оптимізаційних комбінаторних задач і на відмінність від існуючих спирається на результати моделювання скочування розрахункових бігунів, що дозволяє визначати реальну потрібну потужність гальмових позицій в заданих умовах експлуатації сортувальної гірки;

– метод комплексної оцінки структур гіркових горловин, який ґрунтується на комплексному показнику якості і на відмінність від існуючих підходів враховує показники надійності вищевказаних структур та приведені витрати на спорудження і експлуатацію сортувальної гірки, що в подальшому надає можливість на множині альтернативних варіантів проектних рішень обирати кращу структуру гіркової горловини.

Набула подальшого розвитку процедура визначення показників надійності структур гіркових горловин, яка на відмінність від існуючих розглядає функціонування сортувальної гірки як відновлювальної системи.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій обумовлені коректністю постановки та вирішення задачі, періодом спостереження (3 роки), числом полігонів, на яких проведено дослідження (Південна, Донецька залізниця), коректністю використаного математичного апарату.

Достовірність розробленої математичної моделі підтверджується задовільним збігом результатів розрахунків, що отримані з використанням декількох математичних методів.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропонований принциповий підхід до проектування СГГ нового класу може бути реалізований на діючих СГ залізничних станцій України без корінної перебудови колійного розвитку спускної частини. Застосування вказаного класу

СГГ забезпечить розосереджене регулювання швидкості скочування відчепів, що дозволить підвищити якісні показники роботи СГ.

Математична модель визначення раціонального варіанту розміщення гальмових засобів в межах спускної частини СГ і метод комплексної оцінки СГГ, що запропоновані у дисертації, можуть бути використані як при новому будівництві, так і при вирішенні питань, пов'язаних з переобладнанням ГП існуючих СГ залізниць України в межах здійснення комплексу завдань Укрзалізниці щодо забезпечення безпеки сортувального процесу, та в пакетах прикладних програм систем автоматизованого проектування залізничних станцій.

Результати дисертаційних досліджень використано при переобладнанні ГП на СГ станцій Основа та Харків-Сортувальний Південної залізниці, а також у навчальному процесі УкрДАЗТ при вивченні дисциплін «Залізничні станції та вузли», дипломному проектуванні, науково-дослідних роботах та при підготовці магістрів Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації УкрДАЗТ.

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

Особовий вклад здобувача.

Усі результати дисертаційного дослідження отримані автором особисто. За час роботи над дисертацією опубліковано 10 статей, з яких 9 – у співавторстві, де автору належить:

- у статті [31] визначення особливостей СГГ вітчизняних сортувальних пристроїв;
- у статті [34] розроблення нового класу СГГ;
- у статтях [35, 55] отримання результатів моделювання скочування розрахункових бігунів у розрахункових сполученнях з ГВП і ГСП зі СГГ нового класу при застосуванні уповільнювачів ВНУ-2;
- у статті [57] отримання результатів моделювання скочування розрахункових бігунів у розрахункових сполученнях з ГВП і ГСП зі СГГ нового класу при застосуванні уповільнювачів УВУ-07;

- у статті [58] узагальнення результатів моделювання скочування розрахункових бігунів у розрахункових сполученнях з ГВП і ГСП зі СГГ нового класу;

- у статті [62] формування системи обмежень для визначення раціонального варіанту розміщення гальмових засобів в межах спускної частини СГ;

- у статті [41] виявлення основних недоліків існуючих методів оцінки СГГ;

- у статті [76] розробка показника комплексної оцінки СГГ та процедури його визначення.

У праці [56] автором проведено моделювання скочування розрахункових бігунів у розрахункових сполученнях з ГВП і ГСП з метою оцінки ефективності та сфер застосування нових СГГ з позиції капіталовкладень у вагонні уповільнювачі. Визначені режими гальмування, що забезпечують мінімальну потужність ППП, для кожної із запропонованих горловин з урахуванням висоти СГ. Виконано порівняння результатів моделювання.

Апробації результатів дисертації.

Основні положення дисертації доповідались, обговорювались та ухвалені на:

- I міжнародній конференції «Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України» (Україна, Крим, місто Євпаторія, 2007р.);

- міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Україна, місто Дніпропетровськ, 2008р.);

- міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні напрямки теоретичних та прикладних досліджень, 2009» (Україна, місто Одеса, 2009р.);

- V міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України» (Україна, Крим, смт. Коктебель, 2009р.);

- 69-71-й науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та працівників залізничного транспорту у 2007-2009 рр.

Публікації.

За темою дисертації опубліковано 10 наукових праць, з яких одна без співавторів, у виданнях, що затверджені ВАК України.

Структура та обсяг дисертації.

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

Повний обсяг роботи складає 272 сторінки, з яких обсяг основного тексту – 107 сторінок. У роботі мається 76 рисунків та 61 таблиця. Список використаних джерел містить 105 найменувань.

12. Gopner M. Моделирование скатывания отцепов с сортировочной горки / M. Gopner // *Rangiertechnik und Gleisanschlubtechnik*. - 1987/1988. - P. 25-29.
13. Herbst W. Should and Can the Productivity of High-Performance Marshalling Yards be Further increased? / W. Herbst // *Rail international*. - 1989. - №11. - P. 3-14.
14. Страковский И.И. Подгорочные горловины / Страковский И.И. – М: Трансжелдориздат, 1936. - 250 с.
15. Образцов В.Н. Основные данные для проектирования железнодорожных станций / Образцов В.Н. – М: Трансжелдориздат, 1929. – 200 с.
16. Правдин Н.В. Двусторонняя сортировочная станция с объединенным приемо-отправочным парком / Н.В. Правдин, В.Я. Негрей, И.С. Дзюба, С.В. Дорошко // *Труды БелИИЖТа*. - Гомель. - 1987. - С. 38-44.
17. Карпов А.М. Сортировочные станции, обеспечивающие полную поточность в процессе сортировки вагонов и формирования всех поездов / А.М. Карпов // *Труды НИИЖТа*. - Новосибирск. - 1968. - Вып. 81. - С. 98-103.
18. Абуладзе Л.В. Развитие горловин парков и сортировочных устройств на горочных станциях / Л.В. Абуладзе // *Труды БелИИЖТа*. - Гомель. - 1982. - С. 13-21.
19. Чхаидзе А.В. Сортировочные станции 21 века / А.В. Чхаидзе, Л.В. Абуладзе, Г.Ш. Телия, Г.А. Чхаидзе // *Железнодорожный транспорт*. - 2000. - № 3. - С. 54-62.
20. Шинкевич И.А. Параллельный роспуск двух составов на одном сортировочном устройстве / И.А. Шинкевич, В.И. Бадах, А.А. Клементьев, Б.В. Береснев // *Железнодорожный транспорт*. - 1969. - № 7. - С. 19-23.
21. Страковский И.И. Условия применения параллельного роспуска / И.И. Страковский, Л.Б. Тишков // *Железнодорожный транспорт*. - 1971. - № 10. - С. 45-48.
22. Шихеев С.Г. Параллельный роспуск составов на двухпутных горках / С.Г. Шихеев // *Железнодорожный транспорт*. - 1969. - № 4. - С. 25-27.

23. Бернгард К.А. Четырехпарковая сортировочная станция / К.А. Бернгард, В.К. Буянова, А.П. Жукова, Н.Г. Степанов // Железнодорожный транспорт. - 1972. - №2. - С. 24-27.

24. Скалов К.Ю. Проблемы развития и строительства сортировочных станций / К.Ю. Скалов // Железнодорожный транспорт. - 1972. - № 8. - С. 16-20.

25. Ботавин П.Р. Развитие сортировочных станций для параллельного роспуска / П.Р. Ботавин // Железнодорожный транспорт. - 1973. - № 8. - С. 27-32.

26. Вардосанидзе Л.Г. Поточная переработка вагонов на горках / Л.Г. Вардосанидзе, Л.В. Абуладзе // Железнодорожный транспорт. - 1979. - № 2. - С. 11-14.

27. Бураков В.А. Проектирование станций в условиях механизации и автоматизации трудоемких станционных процессов / В.А. Бураков. - М.: МИИТ, 1987. - 98 с.

28. Муха Ю.А. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / Муха Ю.А., Тишков Л.Б., Шейкин В.П. и др. - М.: Транспорт, 1994. - 220 с.

29. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР: ВСН 207-89/МПС СССР. - М.: Транспорт, 1992. - 105 с. – (Нормативный документ МПС СССР, Инструкция).

30. Наяшков Ю.П. Краткий анализ ряда разработанных и осуществленных проектов сортировочных горок за последние двадцать лет / Ю.П. Наяшков, И.С. Романов // Технология работы и расчеты технических средств железнодорожных и промышленных узлов / Межвуз. сб. науч. трудов. - Москва: МИИТ. - 1976. - С. 47-69.

31. Розсоха О.В. Аналіз і особливості конструкції гіркових горловин вітчизняних сортувальних пристроїв / О.М. Огар, О.В. Розсоха, С.М. Светличний // Зб. наук. праць. - Харків:УкрДАЗТ. - 2007. - Вип.85. - С. 57-64.

32. Муха Ю.А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях / Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных

устройств / Ю.А. Муха, Л.Б. Тишков, В.П. Шейкин и др. - М.: Транспорт, 1985. - 248 с.

33. Луговцов М.Н. Проектирование сортировочных горок: пособие / В.Я. Негрей, М.Н. Луговцов – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 170 с.

34. Розсоха О.В. Напрямки удосконалення конструкцій гіркових горловин сортувальних пристроїв з позиції ресурсозбереження / О.М. Огар, О.В. Розсоха // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2007. - № 5/2(29). - С. 54-58.

35. Розсоха О.В. Дослідження ефективності застосування нових гіркових горловин / М.І. Данько, І.В. Берестов, О.М. Огар, О.В. Розсоха // Залізничний транспорт України. – 2008. - № 1. - С. 18-21.

36. Савченко И.Е. Усовершенствованный метод расчета элементов плана горочной горловины сортировочного парка / И.Е. Савченко, В.К. Ивашкевич, И.С. Романов, А.В. Минеев // Межвуз. сб. науч. трудов. - Москва: МИИТ. - 1976. - Вып. 507. - С. 17-22.

37. Ивашкевич В.К. Основы методики поисковой оптимизации при аналитическом расчете координат головы сортировочного парка / В.К. Ивашкевич // Труды МИИТа. - Москва. - 1976. - Вып. 548. - С. 91-94.

38. Мацкель С.С. Расчет углов поворота кривых при проектировании плана головы сортировочного парка с помощью ЭВМ / С.С. Мацкель, У.Т. Туляганов // Методич. указание: Ташк. ин-т инж-в ж.-д. транспорта, кафедра ж.-д. станций и узлов. - Ташкент, 1976. - 21 с.

39. Нагорный Е.В. Научные основы и разработка комплексной технологии поточной и непрерывной переработки вагонов на сортировочных станциях: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. техн. наук: спец. 05.22.08 «Эксплуатация железнодорожного транспорта (включая системы сигнализации, централизации и блокировки)» / Е.В. Нагорный - Харьков, 1994. – 54 с.

40. Берестов И.В. Оптимизация параметров систем регулирования скорости движения отцепов на путях сортировочных парков: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.08 «Эксплуатация железнодорожного

транспорта (включая системы сигнализации, централизации и блокировки)» / И.В. Берестов - Ленинград, 1988. – 24 с.

41. Розсоха О.В. Аналіз існуючих методів оцінки конструкцій гіркових горловин / О.М. Огар, В.І. Мойсеєнко, О.В. Розсоха // Зб. наук. праць. - Харків: УкрДАЗТ. – 2009. – Вип.102. – С. 24-31.

42. Кривошей Б.А. Определение вероятности разделения отцепов на стрелках горочной горловины / Б.А. Кривошей, А.З. Пестременко // Межвуз. сб. науч. трудов. - Днепропетровск. - 1981. - Вып. 216/14. - С. 84-90.

43. Бобровский В.И. Определение вероятностей разделения отцепов на стрелках сортировочной горки / В.И. Бобровский // Межвуз. сб. науч. трудов. - Днепропетровск. - 1976. - Вып. 181/10. - С. 56-63.

44. Павлов В.Е., Уздин М.М., Ефименко Ю.И. Проектирование сортировочных горок / В.Е. Павлов, М.М. Уздин, Ю.И. Ефименко - Ленинград: Типография ЛИИЖТа, 1987. - 97 с.

45. Бессоненко С.А. Расчет продольного профиля спускной части сортировочной горки / С.А. Бессоненко // Труды БелИИЖТа. - Гомель. - 1984. - С. 69-76.

46. Бессоненко С.А. Анализ существующих методов расчета сортировочных горок / С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. - 2004. - №5. - С. 22-27.

47. Бессоненко С.А. Расчет скорости отцепов и мощности тормозных позиций сортировочной горки с использованием вероятностных показателей / С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. - 2006. - №5. - С. 11-16.

48. Бессоненко С.А. Комплексный расчет уклонов продольного профиля спускной части и высоты сортировочной горки по вероятностным показателям / С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. - 2006. - №7. - С. 12-19.

49. Божко Н.П. Исследование конструкций плана и профиля сортировочных горок с помощью ЭВМ / Н.П. Божко // Труды МИИТа. - Москва. - 1983. - Вып. 736. - С. 14-16.

50. Болотный В.Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций / В.Я. Болотный. – М.: Транспорт, 1986. – 280 с.

51. Муха Ю.А. Исследование динамических качеств сортировочной горки / Ю.А. Муха // Межвуз. сб. науч. трудов. - Днепропетровск. - 1975. - Вып. 168/9. - С. 19-29.

52. Юрченко М.С., Луханін М.І., Данько М.І., Берестов І.В., Огар О.М. Новий уповільнювач вагонний універсальний УВУ/ М.С. Юрченко, М.І. Луханін, М.І. Данько, І.В. Берестов, О.М. Огар // Залізничний транспорт України. – 2006. - №3. - С. 48-50.

53. Вагонный замедлитель НК-114 [Электронный ресурс]. - Режим доступа до ресурсу: <http://www.nkmz.com/Russian/index.html#handling0601.html>.

54. Огарь А.Н. Повышение ресурсозбережения и эффективности функционирования сортировочных горок при оптимизации продольного профиля: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Эксплуатация и ремонт средств транспорта» / А.Н. Огарь - Харьков, 2002. - 191 с.

55. Розсоха О.В. Ефективність роботи гірок середньої потужності при застосуванні нових гіркових горловин / О.М. Огар, О.В. Розсоха, І.П. Федорко // Зб.наук.праць. – Донецьк: ДонІЗТ. – 2008. – Вип.№14. – С. 10-18.

56. Розсоха О.В. Ефективність роботи сортувальних гірок при застосуванні нових гіркових горловин / О.В. Розсоха // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2008. - № 5/3(35). - С. 51-59.

57. Розсоха О.В. Ефективність застосування малопотужних уповільнювачів на спускній частині нових гіркових горловин / О.М. Огар, Д.С. Лючков, О.В. Розсоха // Зб.наук.праць. - Харків: УкрДАЗТ. - 2008. - Вип.99. - С. 139-151.

58. Розсоха О.В. Сфери застосування нових гіркових горловин / О.М. Огар, О.В. Розсоха // Зб.наук.праць. - Донецьк: ДонІЗТ. - 2009. - Вип. 17. – С. 5-8.

59. Огар О.М. Удосконалення наукового підходу до розрахунку висоти сортувальної гірки / О.М. Огар // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. - 2009. - № 4/3 (40). – С. 44-47.

60. Проектирование железнодорожных станций и узлов: [справ. и метод. руководство / под ред. А.М. Козлова, К.Г. Гусевой. - 2-е изд., переработ. и доп.]. – М.: Транспорт, 1981. - 592с.

61. Архив климатических наблюдений Gismeteo [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.gismeteo.ru/services.html>.

62. Розсоха О.В. Математична модель визначення раціонального варіанту механізації сортувальних гірок при застосуванні нових конструкцій гіркових горловин / М.І. Данько, О.М. Огар, О.В. Розсоха // Зб.наук.праць. - Донецьк: ДонІЗТ. - 2009. - Вип.19 - С. 5-12.

63. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Зайченко Ю.П. – К.: Вища школа, 1991. – 191 с.

64. Литвиненко А. Е. Метод направленного перебора в системах управления и диагностирования / Литвиненко А. Е. – К., 2007. – 328 с.

65. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование) / Ковалев М.М. – Мн.: БГУ, 1997 – 192 с. – 132 с.

66. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 1 / Вагнер Г. – М.: Мир, 1973. – 336 с.

67. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 2 / Вагнер Г. – М.: Мир, 1973. – 488 с.

68. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 3 / Вагнер Г. – М.: Мир, 1973. – 502 с.

69. Федюкин В.К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции / В.К. Федюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев. - М.: Информационно-издательский дом «Филинь», Рилант, 2000. – 328 с.

70. Капур К. Надежность в проектировании систем / К. Капур, Л. Ламберсон. - М.: Мир, 1980. – 604 с.

71. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. - [чинний від 1995-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 91 с. – (Національний стандарт України).

72. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2862-94. - [чинний від 1994-04-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 37 с. – (Національний стандарт України).

73. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування: ДСТУ 4178-2003. - [чинний від 2003-07-01]. – К.: Держстандарт України, 2003. – 32с. – (Національний стандарт України).

74. Кустов В.Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики: [навчальний посібник] / В.Ф. Кустов. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 212 с.

75. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения: ГОСТ 27.301-95. - [чинний від 1995-04-26]. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. – 15с. – (Міждержавний стандарт).

76. Розсоха О.В. Розробка методу комплексної оцінки конструкцій гіркових горловин / М.І. Данько, О.М. Огар, О.В. Розсоха // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2009. - № 6/3(42). - С. 30-33.

77. Грунтов П.С. Эксплуатационная надежность станций / Грунтов П.С. - М.: Транспорт, 1986. – 247 с.

78. Половко А.М. Основы теории надежности. Практикум / А.М. Половко, С.В. Гуров - СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.

79. Базовский И. Надёжность. Теория и практика / Базовский И. - М.: Мир, 1965. – 350 с.

80. Модин Н.К. Безопасность функционирования горочных устройств / Модин Н.К. – М.: Транспорт, 1994. – 173 с.

81. Жулев В.И. Безопасность полетов летательных аппаратов / В.И. Жулев, В.С. Иванов - М.: Транспорт, 1986. – 224 с.

82. Модин Н.К. Техническое обслуживание горочных устройств / Н.К. Модин, Е.В. Щербаков. – М.:Транспорт, 1989. – 167 с.

83. Замедлитель НК-114. Руководство по эксплуатации. – Краматорск: АО «НКМЗ», 2006. – 47 с.
84. Техническое задание на замедлитель вагонный универсальный ЗВУ. – Донецк: ОАО «Донецкгормаш», 2005. – 16 с.
85. Гембель Э. Статистика экстремальных значений / Гембель Э. - М.: Мир, 1965.– 280 с.
86. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей / Колмогоров А.Н. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
87. Хамханова Д.Н. Теоретические основы обеспечения единства экспертных измерений / Хамханова Д.Н. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 170 с.
88. Попов Г.В. Выбор решений и безопасность: [учеб. пособие] / Г.В. Попов. – Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т. – 2003. – 92 с.
89. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов - 3-е изд. - М.: Наука, 1983. - 416 с.
90. Шутюк С.В. Формирование интегрального показателя априорной состоятельности региона для компании ОАО «РЖД» / С.В. Шутюк // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – № 6. – С. 5-10.
91. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник / [авт.-сост. Волкова В.Н.]. – М.: Высшая школа, 2004. – 200 с.
92. Смирнов Э.А. Разработка управленческих решений / Смирнов Э.А. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002 – 180 с.
93. Keeney R. Siting energy facilities / Keeney R. – New York, Academic Press, 1980.
94. Keeney R.L. Decision with multiple objectives / R.L. Keeney, H. Raiffa. - Wiley, New York, 1976.
95. Шахнова И.Ф. Вопросы анализа и процедуры принятия решений / Шахнова И.Ф. – М.: Мир, 1976. – 228 с.
96. Стронгин Р.Г. Численные методы в многоэкстремальных задачах / Стронгин Р.Г. – М.: Наука, 1978. – 240 с.

97. Невё Ж. Математические основы теории вероятностей / Невё Ж.; пер. с франц. В.В. Сазонова. – М.: Мир, 1969 – 309 с.
98. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования / Батищев Д.И. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
99. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера / Сигорский В.П. – Киев: Техніка, 1975. – 768 с.
100. Бакаев А.А. Математические методы в планировании и экономических расчетах / А.А. Бакаев, Ю.М. Ермольев, Ю.Н. Кузнецов, В.И. Кузубов. – Киев: Наукова думка, 1968. – 224 с.
101. Сеа Ж. Оптимизация. Теория и алгоритмы / Сеа Ж. – М.: Мир, 1973. – 744 с.
102. Аоки М. Введение в методы оптимизации / Аоки М. – М.: Наука, 1977. – 344 с.
103. Данко П.Е. Высшая математика в упражнениях и задачах. Ч. 1 / П.Е. Данко, А.Г. Попов, Т.Я. Кожевникова. – М.: Высшая школа, 1986. – 304 с.
104. Данко П.Е. Высшая математика в упражнениях и задачах. Ч. 2 / П.Е. Данко, А.Г. Попов, Т.Я. Кожевникова. – М.: Высшая школа, 1986. – 415 с.
105. Зимина О.В. Высшая математика / О.В. Зимина, А.И. Кирилов, Т.А. Сальникова - М.: Физико-математическая литература, 2001.– 368 с.