

Українська державна академія залізничного транспорту

На правах рукопису

Куценко Максим Юрійович

УДК 656.212.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОЇ
ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

**Науковий керівник
Берестов Ігор В'ячеславович,
кандидат технічних наук,
доцент**

Харків – 2009

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ ВІДОМИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ТЕОРІЙ РОЗРАХУНКУ СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	14
1.1. Класифікаційний аналіз відомих типів сортувальних пристроїв	14
1.2. Конструктивно-технологічна характеристика існуючих сортувальних пристроїв України	18
1.3. Сутність відомих методологічних підходів до розрахунку сортувальних пристроїв	21
1.4. Висновки	38
РОЗДІЛ 2	
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПО КОМПЛЕКСНОМУ РОЗРАХУНКУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	41
2.1. Обґрунтування наукового підходу щодо визначення оптимальних конструктивних параметрів сортувальних пристроїв та вибір критерію оптимізації	41
2.2. Оцінка впливу зміни кліматичних умов на величину опору від повітряного середовища та вітру	55
2.3. Дослідження енергетичних характеристик конструктивних параметрів існуючих сортувальних пристроїв	65
2.4. Оцінка впливу конструктивних параметрів сортувального пристрою та кліматичних умов на критерій оптимізації	71
2.5. Розробка методу комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв	77
2.6. Висновки	92

РОЗДІЛ 3	
ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ	
СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	95
3.1. Розробка процедури та програмного забезпечення по визначенню оптимальних конструктивних параметрів сортувальних пристроїв	95
3.2. Комплексний розрахунок оптимальних конструктивних параметрів сортувальних пристроїв	104
3.3. Дослідження динамічних та енергетичних властивостей отриманих конструктивних параметрів та варіантів технічного оснащення сортувальних пристроїв	109
3.4. Висновки	111
РОЗДІЛ 4	
ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКТИВНИХ	
ПАРАМЕТРІВ ТА ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	
СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	115
4.1. Удосконалення процедури економічного порівняння варіантів конструктивних параметрів та технічного оснащення сортувальних пристроїв	115
4.2. Економічна оцінка базисних та запропонованих варіантів конструктивних параметрів та технічного оснащення сортувальних пристроїв	121
4.3. Висновки	128
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	135
Додаток А – Структурна схема дисертаційного дослідження	145
Додаток Б – Дані про параметри, варіанти конструктивного виконання відомих типів сортувальних пристроїв та формули для їх розрахунку	146
Додаток В – План та профіль розрахункових колій типових гіркових горловин ГМП, ГСП та ГВП	157

Додаток Д – Результати імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів для типових гіркових горловин	160
Додаток Е – Дослідження залежності потрібної потужності ПГП та швидкості РБ в РТ від зміни уклону стрілочної зони	168
Додаток Ж – Дослідження щодо середньодобової температури повітря у м. Харкові	175
Додаток З – Результати розрахунків середньої швидкості вітру кожного з напрямків	184
Додаток И – Визначення розрахункових параметрів кліматичних умов для станцій Основа та Харків-Сортувальний	190
Додаток К – План та профіль розрахункових колій сортувальних пристроїв станцій Основа та Харків-Сортувальний	208
Додаток Л – Результати імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів для сортувальних пристроїв станцій Основа та Харків-Сортувальний	210
Додаток М – Процедура визначення оптимальних конструктивних параметрів сортувального пристрою	222
Додаток Н – Акти впровадження результатів дисертаційної роботи	265

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

I ГП, II ГП – відповідно перша та друга гальмова позиція

ВГ – вершина гірки

ГВП – гірка великої потужності

ГМП – гірка малої потужності

ГПП – гірка підвищеної потужності

ГСП – гірка середньої потужності

ДПБ – дуже поганий бігун

ДХБ – дуже хороший бігун

ПБ – поганий бігун

ППП – паркова гальмова позиція

ПНПСП – Правила та норми проектування сортувальних пристроїв

РБ – розрахунковий бігун

РТ – розрахункова точка

СГ – сортувальна гірка

СЗ – стрілочна зона

СП – сортувальний пристрій

СЧ – спускна частина

ХБ – хороший бігун

ВСТУП

В умовах відомої кон'юнктури на ринку енергоносіїв та жорсткої конкуренції в сфері перевезень, актуальними стають дослідження щодо оптимізації витрат, якими супроводжується перевізний процес. В тому числі, ця проблема є актуальною і для сортувального процесу. Зважаючи на значне падіння обсягів вантажних перевезень, поглибленого впливом світової економічної кризи, фізичне та моральне старіння основних фондів, можна зробити висновок щодо невідповідності витрат для забезпечення сортувального процесу до розмірів переробки вагонів на сортувальних пристроях. Як наслідок, можна констатувати невиправдане збільшення собівартості переробки одного вагону.

До теперішнього часу питання комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв з урахуванням вказаних вище аспектів, розглядалося не в повній мірі.

Підставою для розроблення теми дисертації стали положення Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України, Закону України про енергозбереження, які спрямовані на підвищення ефективності діяльності галузі в умовах енерго- та ресурсозбереження з метою інтеграції до європейської та світової транспортної системи.

Вихідними даними слугували основні конструктивні параметри, технічне оснащення та кліматичні умови функціонування існуючих сортувальних пристроїв, типові конструкції гіркових горловин та наявні обсяги вагонопотоків з переробкою.

Актуальність теми.

Конструктивні параметри існуючих вітчизняних сортувальних пристроїв були отримані всередині минулого сторіччя. Варто відзначити, що відомі на той час методики їх розрахунку були спрямовані на інтенсифікацію сортувального процесу для забезпечення переробки зростаючих обсягів

вагонопотоків. Крім того, тогочасний парк вантажних вагонів відрізнявся своїми ходовими якостями від сучасного, а саме, значно більшим значенням основного питомого опору руху. При цьому, питання отримання енергоефективних конструктивних параметрів з метою зменшення експлуатаційних витрат не було найбільш актуальним. Проведений аналіз сучасних методів та методик розрахунку конструктивних параметрів показав, що у більшості випадків при спробах вирішення питання їх оптимізації відсутній комплексний підхід, а деякі з них вимагають дуже коштовних та трудомістких експериментальних досліджень та відзначаються складністю користування.

Таким чином, постає науково-практична задача формування наочного та зручного у користуванні методу оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв на основі комплексного розрахунку висоти та поздовжнього профілю, що дозволить привести у відповідність витрати, якими супроводжується сортувальний процес до існуючих розмірів переробки.

Зважаючи на вищевикладене, тему дисертаційної роботи можна кваліфікувати як актуальну та таку, що спрямована на вирішення важливих питань удосконалення функціонування сортувальних пристроїв.

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

Дисертаційна робота виконувалася у відповідності з Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту України (розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р.), Програмою інформатизації залізничного транспорту (2002 р.), Законом України про енергозбереження (№74/94 – ВР від 01 липня 1994 р.), Енергетичною стратегією України на період до 2030 року (затверджено наказом Президента України №42/2001 р.п. від 27 лютого 2001 р.), а також з науково-дослідницькою 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 і завдання дослідження.

Метою дисертаційної роботи є удосконалення функціонування сортувальних пристроїв за рахунок впровадження методу комплексного розрахунку висоти та поздовжнього профілю, що дозволить оптимізувати експлуатаційні витрати, якими супроводжується сортувальний процес і, відповідно, знизити собівартість переробки одного вагону.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення наступних задач дослідження:

- провести дослідження існуючих конструктивних параметрів та технічного оснащення сортувальних пристроїв, що експлуатуються на мережі залізниць України;
- провести аналіз відомих методів розрахунку та оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв;
- обрати та обґрунтувати критерій комплексної оптимізації висоти та поздовжнього профілю сортувальних пристроїв з метою вирішення питання приведення у відповідність експлуатаційних витрат до розмірів переробки;
- дослідити вплив зміни кліматичних умов функціонування сортувальних пристроїв на їх енергетичні властивості;
- вивчити залежність обраного критерію оптимізації від певних конструктивних параметрів та кліматичних умов;
- розробити математичну модель оптимізації висоти та поздовжнього профілю, яка забезпечує комплексність їх розрахунку;
- розробити процедуру та програмний продукт для проведення комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв та визначення чисельних значень критерію оптимізації на базі імітаційної моделі процесу скочування розрахункових бігунів;
- обґрунтувати економічну доцільність функціонування сортувальних пристроїв при застосуванні раціональних конструктивних параметрів.

Об'єкт дослідження – функціонування сортувального пристрою.

Предмет дослідження – конструктивні параметри сортувального пристрою.

Методи дослідження. Виконані дослідження поставленої задачі базуються на використанні методу імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів з використанням ПЕОМ, теорії математичної статистики, теорії ймовірності, математичного апарату нелінійного програмування, чисельних методів та економічного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше розроблено метод комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв, що дозволяє привести у відповідність до існуючих обсягів переробки експлуатаційні витрати, якими супроводжується сортувальний процес, з одержанням обґрунтованої собівартості переробки одного вагону. Для розробки даного методу *вперше*:

– для розрахунку висоти та поздовжнього профілю сортувальних пристроїв розроблений комплексний підхід на основі математичної моделі, яка представлена у вигляді оптимізаційної задачі нелінійного програмування з обмеженнями. На відмінність від існуючих, дана модель дозволяє визначати мінімальну потрібну потужність гальмових позицій спускної частини та комплексно визначити необхідні для цього параметри висоти та поздовжнього профілю. Крім того, модель здатна враховувати наслідки глобальних кліматичних змін, аналіз впливу яких для діючих сортувальних пристроїв дозволив отримати нові розрахункові метеорологічні параметри, які, на відмінність від існуючих, найбільш повно та точно відображають їх сучасний стан;

– для проведення оптимізації конструктивних параметрів розроблена відповідна процедура, що, на відмінність від відомих, передбачає комплексний вибір оптимальних параметрів висоти та поздовжнього профілю на підставі результатів імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів, за яких досягається мінімальна потрібна

потужність гальмових позицій та виконуються умови безпеки та безперебійності сортувального процесу.

Доопрацьовано:

– імітаційну модель процесу скочування розрахункових бігунів, в якій стало можливим, крім моделювання скочування розрахункової сполуки бігунів, одночасно проводити моделювання скочування розрахункового бігуна та аналізувати дальність його пробігу відносно розрахункової точки. Також передбачений автоматичний вибір режиму та величини гальмування відчепів на гальмових позиціях;

– техніко-економічне порівняння варіантів конструкції та технічного оснащення сортувальних пристроїв в частині більш точного визначення витрат на електроенергію для регулювання швидкості руху відчепів і поширено на новітні технічні засоби регулювання швидкості.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблена процедура комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв дозволяє отримати для них оптимальні висоту та поздовжній профіль, які забезпечать мінімальну потрібну потужність пристроїв регулювання швидкості відчепів.

За допомогою розробленого програмного забезпечення на базі імітаційної моделі скочування розрахункових бігунів, отримана можливість визначення раціональних параметрів конструкції сортувальних пристроїв з автоматичним вибором режиму та величини гальмування відчепів на гальмових позиціях. Запропонований програмний продукт є повністю готовим до використання, відрізняється зручним та зрозумілим інтерфейсом, не потребує додаткових інсталяцій програмних додатків, відрізняється низькими вимогами до системних параметрів та може бути використаний у середовищі будь-якої операційної системи.

Основні результати та розроблена процедура комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв рекомендовані для використання:

– при корегуванні висоти та елементів поздовжнього профілю спускної частини Південної та Північної сортувальних гірок станції Основа та сортувальної гірки станції Харків – Сортувальний Південної залізниці з одночасним вирішенням питання технічного оснащення гальмових позицій цих сортувальних пристроїв;

– у навчальному процесі УкрДАЗТ при вивченні дисципліни „Залізничні станції та вузли”, у дипломному проектуванні, проведенні науково-дослідних робіт студентів та при підготовці магістрів в Інституті перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів УкрДАЗТ.

Впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, які наведені у додатку Н.

Особистий внесок здобувача.

Усі результати роботи отримані особисто автором. У співавторстві опубліковано 10 статей, в яких автору належить:

– у статті [82] проведений докладний аналіз основних конструктивно-технологічних параметрів вагонних уповільнювачів вітчизняного виробництва;

– у статті [83] проведена оцінка конструктивно-технологічних параметрів пристроїв регулювання швидкості відчепів, визначені їхні коефіцієнти значимості та розроблена методика визначення комплексного показника характеристики конструктивно-технологічних параметрів пристроїв регулювання швидкості відчепів з метою паспортизації сортувальних пристроїв;

– у статті [84] обґрунтована необхідність дослідження та визначена характеристика та структура вагонопотоку, що переробляється на вітчизняних сортувальних пристроях;

– у статті [85] проведений аналіз відомих сучасних методів та методик розрахунку сортувальних пристроїв та виявлені їхні недоліки;

- у статті [86] досліджена діюча методика розрахунку сортувальних пристроїв та зроблені висновки щодо основних напрямків її розвитку;
- у статті [87] запропоновані принципові положення та шляхи вдосконалення методики розрахунку сортувальних пристроїв;
- у статті [88] на основі методів параболічної інтерполяції розроблено методику визначення основного питомого опору руху вагонів будь-якої вагової категорії при скочуванні їх з сортувального пристрою;
- у статті [89] розроблена математична модель для визначення оптимальних конструктивних параметрів сортувальних пристроїв;
- у статті [90] автором була складена функція Лагранжа для вихідної задачі мінімізації потрібної потужності уповільнювачів спускної частини;
- у статті [91] досліджено динаміку зміни метеорологічних умов у м. Харків та її вплив на значення опору від середовища та вітру при скочуванні вагонів з сортувальних пристроїв.

У статті [92] автору належить постановка задачі та її методичне забезпечення.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та були ухвалені на:

- 69 – 71 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств, 2007 – 2009 рр.;
- I міжнародній науково-практичній конференції “Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України” (Крим, м. Євпаторія), 2007 р.;
- четвертій міжнародній науково-практичній конференції „Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи (Крим, смт. Коктебель), 2008 р.;
- міжнародній науково-практичній конференції „Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті” (м. Дніпропетровськ,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна), 2008 р.;

– міжнародній науково-практичній конференції „Сучасні напрямки теоретичних та прикладних досліджень ` 2009”, (м. Одеса), 2009р.

Дисертаційна робота повністю доповідалась на об'єднаних наукових семінарах кафедр Державного економіко-технологічного університету транспорту (м. Київ), Української державної академії залізничного транспорту (м. Харків).

Публікації.

Відповідно до теми дисертації опубліковано 11 наукових робіт у виданнях, що затверджені ВАК України як фахові.

Структура та обсяг дисертації.

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

Повний обсяг роботи складає 268 сторінок, з яких обсяг основного тексту – 120 сторінок. Робота ілюстрована 24 рисунками, з яких 7 рисунків на 5 сторінках, наведено 12 таблиць, з яких 9 таблиць на 9 сторінках. Робота містить 12 додатків на 124 сторінках. Список використаних джерел складає 92 найменування на 10 сторінках.

Структурна схема дисертаційного дослідження наведена у додатку А.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР // ВСН 207 – 89 / МПС. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с. – (Нормативное производственно-практическое издание).
2. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств: производственно-практическое издание / [Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин и др.].– М.:

- Транспорт, 1994. – 220 с.
3. Образцов В. Н. Станции и узлы. Ч. 2 / В. Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1929. – 90 с.
 4. Механизация сортировочных горок / [Рогинский Н. О.]. – [3-е изд.]. – М.: Трансжелдориздат, 1938. – 87 с.
 5. Бартенев П. В. Станции и узлы / П. В. Бартенев. – М.: Трансжелдориздат, 1945. – 127 с.
 6. Основные требования к техническому оснащению сортировочных станций: [труды ВНИИЖТа / научн. ред. инженера В. Л. Петрова]. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – Вып. 270. – 220 с.
 7. Павлов В. Е. Брохистохрома применительно к сортировочной горке / В. Е. Павлов // Труды ЛИИЖТа. – 1969. – № 300.
 8. Павлов В. Е. Исследование проблемы оптимального проектирования автоматизированной сортировочной горки: автореф. дис. на соискание научной степени доктора техн. наук: спец. 05.22.08 „Эксплуатация железнодорожного транспорта (включая системы сигнализации, централизации и блокировки” / В. Е. Павлов. – Л., 1971. – 32 с.
 9. Оптимизация продольного профиля спускной части сортировочной горки / В. Е. Павлов // Материалы 22 научно-технической конференции ЛИИЖТа. – 1969. – С. 42–49.
 10. Павлов В. Е. Оптимизация плана горочной горловины и профиля горки: инструктивно-методические указания по проектированию ж.д. станций и узлов / В. Е. Павлов. – К.: Киевгипротранс, 1968. – № 34.
 11. Павлов В. Е. Исследование проблемы оптимального проектирования автоматизированной сортировочной горки: дисс... доктора техн. наук: 05.22.08 / В. Е. Павлов. – Л., 1970. – 285 с.
 12. Нагорный Е. В. Научные основы и разработка комплексной технологии поточной и непрерывной переработки вагонов на сортировочных станциях: дис. доктора техн. наук: 05.22.08 / Нагорный Евгений Васильевич. – Харьков, 1994. – 365 с.

13. Техничко-эксплуатационные параметры сортировочной горки / Б. А. Кривошей, А. З. Пестременко // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях / Труды ДИИТа. – 1977. – С. 39–47.
14. Бессоненко С.А. Расчет продольного профиля спускной части сортировочной горки / С. А. Бессоненко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов / Труды БелИИЖТа. – Гомель, 1984. – С. 69–76.
15. Сопротивление движению вагонов при скатывании с горок: [труды ЦНИИ МПС]. – М.: Транспорт, 1975. – Вып. 545. – 104 с.
16. Оптимальный горочный профиль и динамика скатывания отцепа по нему / К. С. Ахвердиев, Б. И. Алибеков, В. П. Жуков // Транспорт: наука, техника, управление. – 1991. – N8. – С. 13–19.
17. Смирнов В. И. Вариационные принципы и динамика сортировочной горки / В. И. Смирнов // Транспорт: наука, техника, управление. – 1993. – №3. – С. 11–15.
18. Огарь А. Н. Повышение ресурсосбережения и эффективности функционирования сортировочных горок при оптимизации продольного профиля: дисс. канд-та техн. наук: 05.22.20 / Огарь Александр Николаевич. – Харьков, 2002. – 194 с.
19. Правдин Н. В. Расчет закона распределения вероятностей удельного сопротивления движению отцепов на сортировочной горке / Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – №3. – С. 3–10.
20. Правдин Н. В. Расчет скорости отцепов и мощности тормозных позиций сортировочной горки с использованием вероятностных показателей / Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – №5. – С. 11–16.
21. Правдин Н. В. Комплексный расчет уклонов продольного профиля спускной части и высоты сортировочной горки по вероятностным

показателям / Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – №7. – С. 12–19.

22. Правдин Н. В. Расчет основных параметров сортировочных горок. Проблемы развития железнодорожных станций и узлов / Н. В. Правдин, С. А. Бессоненко // Межвузовский сборник научных статей. – Гомель, 1985. – С. 35–41.
23. Архангельский Е. В. Расчет и проектирование сортировочных горок повышенной, большой и средней мощности: учебное пособие / Е. В. Архангельский, А. Н. Сухопяткин. – М.: Транспорт, 1994. – 96 с.
24. Панкратов Л. В. Адаптивные модели транспортных технологических процессов / Л. В. Панкратов. – М.: РГОТУПС, 2001. – 123 с.
25. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України / Схвалено розпорядженням КМУ №651-р від 27.12.2006р. – К.: Магістраль, №1 (1179) 10–16 січня 2007р. – С.6.
26. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике [для инженеров и учащихся ВТУЗов] / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М.: Высшая школа, 1954. – 605 с.
27. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР // ВСН 56–78. – М.: Транспорт, 1978. – 175 с.
28. Грау Б. Проектирование железнодорожных станций / Б. Грау; [пер. с нем. В. Я. Болотного]. – М.: Транспорт, 1978. – 488 с.
29. Шавкин Г. Б. Схемы и оснащение сортировочных станций железных дорог США и Западной Европы / Г. Б. Шавкин. – М.: Транспорт, 1960. – 64 с.
30. Скалов К. Ю. Транспортные узлы капиталистических стран / К. Ю. Скалов. – М.: Акад. наук СССР, 1962. – 320 с.
31. Статистична звітність форми АГО – 6Д. – К.: Головне управління перевезень Укрзалізниці, 2008. – 8 с.
32. Кобзев В. А. Средства регулирования скорости вагонов на горочных сортировочных станциях / В. А. Кобзев // Железные дороги мира. – 1981.

– №9. – С. 8–28.

33. Кобзев В. А. Состояние и перспективы развития тормозной горочной техники / В. А. Кобзев // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – №11. – С.2–5.
34. Кобзев В. А. Перспективные устройства регулирования скорости отцепов для сортировочных горок большой и малой мощности / В. А. Кобзев // Железнодорожный транспорт. Серия «Сигнализация и связь» ЭИ//ЦНИИТЭИ. – 2003. – Вып.3. – С.10–41.
35. Савицкий А. Г. Технологические средства на сортировочных станциях: вчера, сегодня, завтра / А. Г. Савицкий // Железнодорожный транспорт. – 2005. – №6. – С.33–37.
36. Кобзев В. А. Вагонные замедлители / В. А. Кобзев // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – №8. – С.64–67.
37. Огар О. М. 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.
38. Гибшман Е. А. Обустройства пассажирских и товарных станций / Е. А. Гибшман. – М.: Транспечать, 1928. – 117 с.
39. Писанко А. С. К вопросу о расчете скоростного участка горочного профиля / А. С. Писанко // Вопросы увеличения пропускной способности железных дорог / Труды РИИЖТа. – Ростов-на-Дону, 1983. – Вып. 63. – С. 63–70.
40. Гуричев Ю. Т. Об одном подходе к задаче нахождения оптимальных параметров горки / Ю. Т. Гуричев, А. Н. Гуда, С. Н. Дегтярев, Н. Н. Новгородов // Микропроцессорные системы управления на железнодорожном транспорте / Труды РИИЖТа. – Ростов-на-Дону, 1984. – Вып. 54. – С. 35–38.
41. Дашков М. Г. К вопросу определения минимальной длины первого элемента скоростного участка горки / М. Г. Дашков // Вопросы

- проектирования и организации работы железнодорожных станций и узлов / Труды НИИЖТа. – Новосибирск, 1979. – Вып. 201/14. – С. 23–34.
42. Феоктистов И. Б. Анализ прохода вагонов через положительные переломы профиля сортировочных горок / И. Б. Феоктистов, В. В. Стрельникова // Вестник ВНИИЖТа. – 1985. – №1. – С. 40–43.
43. Дашков М. Г. Анализ норм проектирования сортировочных горок и условий пропуска по их профилю вагонов с увеличенной базой / М. Г. Дашков // Совершенствование управления перевозками на железных дорогах Урала и Сибири / Межвуз. сб. научн. трудов. – Новосибирск, 1986. – Вып. 218/7. – С. 19–28.
44. Дашков М.Г. О возможности увеличения максимального значения уклона скоростного участка сортировочной горки / М. Г. Дашков // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях / Межвуз. сб. научн. трудов. – Днепропетровск, 1981. Вып. 216/14. – С. 76–84.
45. Дашков М. Г. К вопросу проектирования ступенчатого профиля спускной части сортировочной горки / М. Г. Дашков // Повышение эффективности эксплуатационной работы железных дорог / Межвуз. сб. научн. трудов. –Новосибирск, 1987. – Вып. 219/4. – С. 57–64.
46. Ахвердиев К. С. Оптимальный горочный профиль и динамика скатывания отцепа по нему / К. С. Ахвердиев, Б. И. Алибеков, В. П. Жуков // Транспорт: наука, техника, управление. – 1991. – №8. – С. 13–18.
47. Крячко В. І. Ресурсозберігаючі підходи до конструктивно-технологічних параметрів сортувальних станцій / В. І. Крячко, К. В. Крячко, М. П. Носенко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2007. – №12. – С. 5–9.
48. Кобзев В. А. Состояние и перспективы развития тормозной горочной техники / В. А. Кобзев // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – №11. – С. 2–5.
49. Rahmstorf S. Church Recent Climate Observations Compared to

- Projections / Stefan Rahmstorf, Anny Cazenave, John A. // Science. – 2007. – V. 316. – P.709.
50. Эксперты оценили последствия глобального потепления в Украине. – 2007. – Режим доступа до таблоїда <http://korrespondent.net/tech/207009>.
 51. Климатический атлас Украинской ССР / [под ред. Г.И. Слабковича]. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. – 232 с.
 52. Архив климатических наблюдений Gismeteo. – Режим доступа до ресурсу <http://www.gismeteo.ru/services.html>.
 53. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций / Таха А. Хемди. – [7-е издание]. – К: Диалект, 2007. – 958 с.
 54. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди. – М.: Радио и связь, 1988. – 253 с.
 55. Зангвилл У. И. Нелинейное программирование / У. И. Зангвилл. – М.: Сов. радио, 1973. – 304 с.
 56. Сухарев А. Г. Курс методов оптимизации / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. – М.: Наука, 1986. – 168 с.
 57. Поляк Б. Т. Введение в оптимизацию / Б. Т. Поляк. – М.: Наука, 1983. – 216 с.
 58. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. Химмельблау. – М.: Мир, 1975. – 248 с.
 59. Ашманов С. А. Линейное программирование / С. А. Ашманов. – М.: Наука, 1981. – 163 с.
 60. Гольштейн Е. Г. Теория двойственности в математическом программировании и ее приложения / Е. Г. Гольштейн. – М.: Наука, 1971. – 158 с.
 61. Бахвалов Н. С. Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения) / Н. С. Бахвалов. – М.: Наука, 1975. – 634 с.
 62. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера / В. П. Сигорский. – К.: Техника, 1975. – 768 с.

63. Конструкции и параметры стрелочных горловин автоматизированных и механизированных сортировочных горок / [под ред. А. П. Гоголева]. – Л.: Гипротрансигналсвязь. – 1983. – 63 с.
64. Буянова В. К. Моделирование на ЭЦВМ процесса роспуска вагонов с сортировочной горки / В. К. Буянова // Вестник ВНИИЖТ. – 1965. – №6. – С. 60–64.
65. Шафит Е. М. Машинное решение дифференциальных уравнений скатывания отцепов с сортировочной горки / Е. М. Шафит // Межвуз. сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ДИИТ, 1965. – Вып. 52. – С. 73–95.
66. Кораблев Е. А. Использование ЭЦВМ для расчета горок / Е. А. Кораблев // Сб. научн. трудов. – Л: ЛИИЖТ, 1966. – Вып. 34. – С. 143–155.
67. Муха Ю. А. Моделирование на ЭЦВМ процесса скатывания отцепов с сортировочной горки / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Межвуз. сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ДИИТ, 1969. – Вып. 90/6. – С. 53–63.
68. Пилипченко П. А. Моделирование на ЭЦВМ роспуска составов на сортировочной горке / П. А. Пилипченко // Межвуз. сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ДИИТ, 1971. – Вып. 125/7. – С. 33–42.
69. Узунов Л. Расчет скорости и времени проследования вагонов через сортировочную горку с помощью ЭВМ / Л. Узунов // Железнодорожный транспорт. – 1973. – №5. – С. 41–45.
70. Вундерлих В. М. Моделирование различных этапов производственного процесса сортировочной станции / В. М. Вундерлих, Р. Виденбейн // Железные дороги мира. – 1973. – №9. – С. 58–67.
71. Узунов Л. Применение ЭВМ для расчета скорости и времени скатывания вагонов на сортировочных горках / Л. Узунов // Железнодорожный транспорт. – 1974. – №1. – С. 32–35.
72. Сафрис Л. В. Моделирование скатывания отцепа на автоматизированной горке / Л. В. Сафрис, Т. И. Скабалланович // Сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ДИИТ, 1975. – Вып. 172/7. – С. 11–18.
73. Сафрис Л. В. Имитационное моделирование прицельного торможения

- отцепов в АСУ РСГ / Л. В. Сафрис, А. Б. Устенко // Межвуз. сб. науч. трудов. –Днепропетровск: ДИИТ, 1975. – Вып. 211/9. – С. 27–38.
74. Муха Ю. А. Описание процесса скатывания отцепов с горки при помощи метода планирования эксперимента / Ю. А. Муха // Межвуз. сб. науч. трудов. –Днепропетровск: ДИИТ, 1975. – Вып. 168/9. – С. 3–19.
75. Муха Ю. А. Методика режимов скатывания отцепов на спускной части автоматизированных сортировочных горок / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Межвуз. сб. науч. трудов. – М.: МИИТ, 1976. – Вып. 548. – С. 143–145.
76. Муха Ю. А. Математическое описание и оптимизация процесса роспуска составов на сортировочной горке / Ю. А. Муха // Межвуз. сб. науч. трудов. – М.: МИИТ, 1976. – Вып. 548. – С. 84–86.
77. Рыбцов В. Н. Методика исследования эффективности работы АСУ РСГ методом статистического моделирования с учетом надежности вычислительного комплекса / В. Н. Рыбцов // Межвуз. сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ДИИТ, 1980. – Вып. 211/9. – С. 38–47.
78. Бобровский В. И. Временной принцип в имитационной модели процесса скатывания отцепов с горки / В. И. Бобровский // Межвуз. сб. науч. трудов. – М.: МИИТ, 1980. – Вып. 674. – С. 70–71.
79. Бобровский В. И. Об одном алгоритме управления интервальными тормозными позициями / В. И. Бобровский, А. А. Муратов // Межвуз. сб. науч. трудов. –Днепропетровск: ДИИТ, 1981. – Вып. 172/7. – С. 29–36.
80. Рыбцов В. Н. Исследование влияния точности работы отдельных устройств на показатели качества функционирования АСУ РСГ методом имитационного моделирования / В. Н. Рыбцов // Межвуз. сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ДИИТ, 1981. – Вып. 218/10. – С.52–60.
81. Бобровский В. И. Моделирование управляемого скатывания отцепов на автоматизированных сортировочных горках / В. И. Бобровский, И. А. Горбачев, А. А. Муратов // Межвуз. сб. науч. трудов. – Днепропетровск:

ДИИТ, 1983. – Вып. 229/15. – С. 22–29.

82. Берестов І. В. Аналіз конструкції та основних параметрів пристроїв гальмування швидкості відчепів на сортувальних гірках / І. В. Берестов, М. Ю. Куценко // Удосконалення управління експлуатаційною роботою залізниць. – Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Випуск 66. – С. 138 – 143.
83. Берестов І. В. До питання розробки методики визначення комплексного показника характеристики конструктивно-технологічних параметрів пристроїв регулювання швидкості відчепів / І. В. Берестов, М. Ю. Куценко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – №5,6. – С. 66–69.
84. Берестов І. В. До питання доцільності дослідження структури та характеристики вагонопотоку, що перероблюється на сортувальних пристроях України / І. В. Берестов, М. Ю. Куценко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. – №10. – С. 14–20.
85. Берестов І. В. Аналіз історії розвитку теорії розрахунку сортувальних пристроїв / І. В. Берестов, М. Ю. Куценко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Випуск 85. – С. 78 – 86.
86. Берестов І. В. Аналіз існуючих методів та методик розрахунку сортувальних пристроїв / І. В. Берестов, М. Ю. Куценко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007. – №2. – С. 34–37.
87. Берестов І. В. Узагальнена блок-схема удосконалення методики розрахунку сортувальних пристроїв з метою їх паспортизації / І. В. Берестов, М. Ю. Куценко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. – №11. – С. 36–41.
88. Берестов І. В. Апроксимація значень основного питомого опору вагонів для моделювання їх скочення з сортувального пристрою / І. В. Берестов, М. Ю. Куценко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – Випуск 1/4 (31). – С. 33–35.

89. Берестов І. В. Математична модель для визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок / І. В. Берестов, О. М. Огар, О. Б. Ахієзер, М. Ю. Куценко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Випуск 1/6 (37). – С. 4–8.
90. Берестов І. В. До питання розробки методики комплексного розрахунку оптимальних конструктивних параметрів сортувальних гірок / І. В. Берестов, О. М. Огар, О. Б. Ахієзер, М. Ю. Куценко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Випуск 2/3 (38). – С. 56–60.
91. Берестов І. В. Дослідження впливу зміни кліматичних умов на величину опору від повітряного середовища та вітру / І. В. Берестов, М. Ю. Куценко // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту / Серія „Транспортні системи і технології”. – К.: ДЕГУТ, 2009. – Випуск 14. – С. 186–190.
92. Куценко М. Ю. Комплексна оптимізація конструктивних параметрів сортувальних пристроїв Південної залізниці / М. Ю. Куценко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Випуск 4/7 (40). – С. 14–18.