

Українська державна академія залізничного транспорту

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

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі „Залізничні станції та вузли”, Міністерство транспорту та зв’язку України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент

Берестов Ігор В’ячеславович,

Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра „Залізничні станції та вузли”, завідувач кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Жуковицький Ігор Володимирович,

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, кафедра
„Електронно-обчислювальні машини”, завідувач кафедри

кандидат технічних наук, доцент

Чеклов Володимир Федорович,

Донецький інститут залізничного транспорту Української
державної академії залізничного транспорту, кафедра
„Організація перевезень і управління на залізничному
транспорті”, завідувач кафедри

Захист відбудеться „_____” _____ 20__ р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий ”_____” _____ 2009 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Прохорченко А.В.

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

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

доц. Огар О.М.

Підписано до друку _____ р.
Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.
Умовн.-друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,15.
Замовлення № _____. Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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, показники якого в значній мірі обумовлені конструктивними параметрами сортувальних пристроїв. 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, доводиться 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.

Актуальність теми. Конструктивні параметри існуючих вітчизняних сортувальних пристроїв були отримані всередині минулого сторіччя. Варто відзначити, що відомі на той час методи їх розрахунку були спрямовані на інтенсифікацію сортувального процесу для забезпечення переробки зростаючих обсягів вагонопотоку. При цьому питання отримання енергоефективних конструктивних параметрів з метою зменшення експлуатаційних витрат не було актуальним. Проведений аналіз сучасних методів та методик розрахунку конструктивних параметрів показав, що у більшості випадків при спробах вирішення питання їх оптимізації, висота та поздовжній профіль визначаються окремо, 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 та задачі 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 гірок, а також 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 в додатках до роботи.

Особистий внесок здобувача. Усі результати роботи отримані особисто автором. У публікаціях 10 статей у співавторстві автору належать:

- у статті [1] проведений докладний аналіз основних конструктивно-технологічних параметрів вагонних уповільнювачів вітчизняного виробництва;
- у статті [2] проведена оцінка конструктивно-технологічних параметрів пристроїв регулювання швидкості відчепів, шляхом методу експертних оцінок визначені їхні коефіцієнти значимості та розроблена методика комплексного показника характеристики конструктивно-технологічних параметрів пристроїв регулювання швидкості відчепів з метою паспортизації сортувальних пристроїв;
- у статті [3] обґрунтована необхідність дослідження та визначена характеристика та структура вагонопотоку, що переробляється на вітчизняних сортувальних пристроях;
- у статті [4] проведений аналіз відомих сучасних методів та методик розрахунку сортувальних пристроїв та виявлені їхні недоліки;
- у статті [5] досліджена діюча методика розрахунку сортувальних пристроїв та зроблені висновки щодо основних напрямків її розвитку;
- у статті [6] запропоновані принципові положення та шляхи вдосконалення методики розрахунку сортувальних пристроїв;
- у статті [7] 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 [8] розроблена математична модель для визначення оптимальних конструктивних параметрів сортувальних пристроїв;
- у статті [9] автором була складена функція Лагранжа для вихідної задачі мінімізації потрібної потужності уповільнювачів спускної частини;
- у статті [10] досліджено динаміку зміни метеорологічних умов у м. Харків та її вплив на значення опору від середовища та вітру при скочуванні вагонів з сортувальних пристроїв.

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 міжнародник 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, списку використаних джерел та додатків.

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.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета та задачі дослідження, відображені наукова новизна, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок автора, подаються відомості відносно апробацій та публікацій результатів дослідження.

У першому розділі, виходячи з мети дисертаційної роботи, докладно аналізуються відомі конструктивно-технологічні параметри та теорії розрахунку сортувальних пристроїв, наведена характеристика та особливості конструкції вітчизняних та закордонних сортувальних пристроїв.

Вагомий внесок в розбудову теорії розрахунку та удосконалення основних параметрів сортувальних пристроїв зробили такі вчені та практики: Є. В. Архангельський, К. С. Ахвердієв, П. В. Бартенєв, І. В. Берестов, С. А. Бессоненко, В. І. Бобровський, М. П. Божко, Т. В. Бутько, Є. А. Гібшман, А. Н. Гуда, Ю. Т. Гурічев, М. І. Данько, М. Г. Дашков, О. М. Долаберідзе, І. В. Жуковицький, А. М. Козлов, Ю. А. Муха, Є. В. Нагорний, В. М. Образцов, О. М. Огар, В. Є. Павлов, А. З. Пестременко, А. С. Писанко, М. В. Правдін, М. О. Рогинський, В. М. Рудановський, І. І. Страковський, Л. Б. Тішков, М. П. Топчієв, М. І. Федотов, В. П. Шейкін, А. П. Шипулін та інші.

Дослідження відносно розвитку теорії розрахунку сортувальних пристроїв на теренах колишнього СРСР дозволили констатувати, що на момент її становлення, який датується початком минулого сторіччя, деякі вимоги щодо конструктивного виконання були запозичені з закордонного досвіду. Подальший бурхливий економічний та індустріальний розвиток країни вніс свої корективи стосовно основних положень проектування сортувальних пристроїв. Великі обсяги переробки вагонів, відмінні від закордонних зразків пристрої регулювання швидкості відчепів, принцип їхнього розташування на спускній частині та експлуатаційне призначення, тип тогочасного парку вантажних вагонів, які відрізнялися великим значенням основного питомого опору,

особливості комплексної автоматизації сортувального процесу, вимоги щодо швидкісних режимів скочування відчепів та кліматичні умови функціонування – все це, разом з іншими факторами, стало підґрунтям для визначення вимог, згідно з якими було сформовано радянську теорію розрахунку конструктивних параметрів сортувальних пристроїв.

Роботи та дослідження радянських вчених були спрямовані на інтенсифікацію та підвищення переробної спроможності сортувальних пристроїв, для чого ними був запропонований поздовжній профіль у вигляді циклоїди. Проте питання енергоефективності та ресурсозбереження у сортувальному процесі на той час не було актуальним при оптимізації конструктивних параметрів. Аналізуючи останні відомі методи та методики оптимізації конструктивних параметрів з урахуванням зазначених аспектів, доводиться констатувати відсутність комплексного підходу щодо розрахунку висоти та поздовжнього профілю, а в деяких випадках необхідні коштовні та трудомісткі експериментальні дослідження.

Підняте вище питання в умовах відомої ситуації на ринку енергоносіїв, падіння обсягів перевезень, фізичного і морального старіння технічних засобів та сучасного стану економіки країни набуває особливо гострої актуальності та робить нагальним приведення розмірів експлуатаційних витрат, якими супроводжується сортувальний процес до існуючих обсягів переробки з метою досягнення обґрунтованого розміру собівартості переробки одного вагону.

У другому розділі проведені теоретичні дослідження щодо комплексного розрахунку та оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв. Зокрема, дослідженнями, проведеними за допомогою імітаційної моделі скочування розрахункових бігунів, встановлено, що в деяких випадках висота та поздовжній профіль, отримані за допомогою діючих Правил та норм проектування сортувальних пристроїв (ПНПСП), не відповідають вимогам безпеки скочування вагонів та безперебійності сортувального процесу відносно докочування розрахункового бігуна (РБ) до розрахункової точки (РТ) в зимових несприятливих метеорологічних умовах. В інших випадках (особливо це характерне для ГСП та ГВП) спостерігається значний перепробіг РБ відносно РТ, викликаний завищенням висоти сортувального пристрою та неоптимальним поздовжнім профілем. Як наслідок, спостерігається нераціональне використання та перерозподіл потрібної потужності гальмових позицій для забезпечення допустимої швидкості входу на уповільнювачі та інтервалів між скочуванням розрахункових бігунів.

Все це робить процедуру розрахунку конструктивних параметрів, викладену в діючих ПНПСП, неефективною та унеможлиблює її застосування в сучасних умовах функціонування вітчизняних сортувальних пристроїв.

Дослідження залежності величини потрібної потужності паркової гальмової позиції (ПГП) від уклону стрілочної зони (СЗ) виявили її незначний вплив (1,9% – 5,8%), що лише в окремих випадках призводить до збільшення числа уповільнювачів. Ця закономірність є характерною для будь-якого типу профілю та конструктивного розташування І ГП відносно 1-ої розділової стрілки. Натомість, збільшення уклону СЗ прямопропорційно впливає на величину швидкості РБ в РТ (до 7,3 %). Це дозволило рекомендувати

проектування СЗ на максимальному уклоні, що зменшить профільну висоту дільниці від вершини гірки (ВГ) до початку СЗ, а отже, і потрібну потужність гальмових позицій спускної частини при одночасному досягненні більшої дальності пробігу РБ.

Для вирішення проблеми енергоефективності та ресурсозбереження в сортувальному процесі було запропоновано прийняти потрібну потужність гальмових позицій спускної частини як критерій комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв.

Спираючись на висновки експертів по вивченню глобальної зміни клімату (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) та його значний вплив на величину опору від повітряного середовища та вітру, частка якого у висоті сортувального пристрою досягає 30%, були проведені дослідження щодо вивчення можливих змін кліматичних умов м. Харкова. Зокрема спостерігається поступове підвищення температури (2008 рік став рекордно теплим), що призводить до збільшення частоти появи ураганних вітрів. Результати дослідження дали можливість отримати нові розрахункові метеорологічні умови для сортувальних пристроїв станцій Основа та Харків-Сортувальний. Так було встановлено, що існуючий опір від повітряного середовища та вітру на даних станціях значно менший (до 29 %) від того, що мав місце на момент їхнього будівництва. Сьогодні це спричиняє значний перепробіг РБ за РТ та необґрунтовану за значенням та величиною потужність гальмових позицій, а саме, жоден сортувальний пристрій не забезпечує зупинку ДХБ в кінці пучкової гальмової позиції через нестачу її потужності, що, згідно з діючими ПНПСП, суперечить вимогам безпеки скочування вагонів та безперебійності сортувального процесу. Отже, при проведенні комплексної оптимізації конструктивних параметрів необхідним є вивчення існуючих метеорологічних умов функціонування сортувальних пристроїв.

З метою дослідження впливу метеорологічних умов та конструктивних параметрів на критерій оптимізації, проведене імітаційне моделювання скочування розрахункових бігунів, в результаті чого встановлено:

– у разі необхідності гальмування на I ГП для забезпечення допустимої швидкості входу на II ГП в несприятливих умовах, величина гальмування на I ГП є меншою ніж в сприятливих кліматичних умовах. Проте, якщо гальмування на I ГП необхідне для забезпечення необхідних інтервалів ($T_0 \leq T_0^{\max}$) у сполучі ДПБ-ДХБ на розділових елементах дільниці між гальмовими позиціями, величина гальмування на I ГП в несприятливих умовах є більшою ніж в сприятливих;

– потрібна потужність II ГП повинна визначатися виходячи з можливості забезпечення зупинки ДХБ в кінці цієї гальмової позиції у літніх сприятливих умовах, оскільки величина гальмування ДХБ на цю умову значно більша ніж на забезпечення максимального інтервалу на останній розділовій стрілці при скочуванні розрахункової сполуки ДХБ-ДПБ.

Вищенаведені закономірності є характерними для гірок з розташуванням I ГП як до першої розділової стрілки, так і після неї.

Задача комплексного визначення оптимальних конструктивних параметрів

сортувальних пристроїв при відомих довжинах профільних ділянок та положенні вершини гірки є задачею нелінійного програмування. При цьому цільова функція має наступний вигляд

$$H_{mci} = A(B + (\sum_{i=1}^{X_1} (G_i I_1 + D_i (E_i + F_i I_1))) + \sum_{i=X_1+1}^{X_2} (G_i I_2 + D_i (E_i + F_i I_2)) + \dots + \sum_{i=X_{n-1}+1}^{X_n} (G_i I_n + D_i (E_i + F_i I_n)))) \rightarrow H_{mci(\min)} \quad (1)$$

де A – коефіцієнт збільшення мінімальної розрахункової потужності гальмових позицій спускної частини сортувального пристрою;

$$B = \frac{V_0^2}{2 \cdot g'_{ДХБ}} - L_{ВГ-СЗ} \omega_0^{ДХБ} \cdot 10^{-3};$$

V_0 – початкова швидкість розпуску, м/с;

$g'_{ДХБ}$ – прискорення вільного падіння з урахуванням моменту інерції мас ДХБ, що обертаються, м/с²;

$L_{ВГ-СЗ}$ – відстань від ВГ до початку СЗ, м;

$\omega_0^{ДХБ}$ – основний питомий опір ДХБ, Н/кН;

X_1, X_2, \dots, X_n – відповідно номер останнього технологічного елемента першого елемента профілю, другого та n -го;

$$G_i = L_i \cdot 10^{-3};$$

L_i – довжина i -го технологічного елемента, м;

I_1, I_2, \dots, I_n – уклони елементів поздовжнього профілю спускної частини, %;

$$D_i = C_i k_i^2;$$

$$C_i = (0,56 \cdot n_i + 0,23 \cdot \sum \alpha_i) \cdot 10^{-3};$$

n_i, α_i – відповідно число стрілок та кут повороту на i -тому технологічному елементі;

k_i – поправочний коефіцієнт, що використовувався для визначення середньої швидкості руху ДХБ на елементах профілю,

$$k_i = -0,0576191 \cdot e^{-0,571020 V_{поч}} + 0,9966873;$$

$V_{поч}$ – швидкість ДХБ на початку i -го технологічного елемента,

$$V_{поч} = f(V_0, i_1, i_2, \dots, i_{i-1}), \text{ м/с};$$

i_1, i_2, \dots, i_{i-1} – уклони відповідних технологічних елементів, %;

$$E_i = V_{i-1}^2 - g'_{ДХБ} L_i \omega_0^{ДХБ} \cdot 10^{-3};$$

$$F_i = g'_{ДХБ} L_i \cdot 10^{-3}.$$

Мінімізацію цільової функції необхідно здійснювати при нелінійних обмеженнях-рівностях

$$\left\{ \begin{array}{l} D_1 = f_{D_1}(V_0), E_1 = f_{E_1}(V_0) \\ D_2 = f_{D_2}(V_0, i_1), E_2 = f_{E_2}(V_0, i_1) \\ D_3 = f_{D_3}(V_0, i_1, i_2), E_3 = f_{E_3}(V_0, i_1, i_2) \\ \dots\dots\dots \\ D_{X_n} = f_{D_{X_n}}(V_0, i_1, i_2, \dots, i_{X_{n-1}}), E_{X_n} = f_{E_{X_n}}(V_0, i_1, i_2, \dots, i_{X_{n-1}}) \end{array} \right. , \quad (2)$$

лінійних обмеженнях-нерівностях

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1^{\min} \leq I_1 \leq 50 \\ I_2^{\min} \leq I_2 \leq I_2^{\max} \\ \dots\dots\dots \\ I_n^{\min} \leq I_n \leq I_n^{\max} \\ I_1 - I_2 \leq 25 \\ H_{\Gamma(ДХБ)}^{ГП} \leq n_y h_{од} \\ V_{вих(ДХБ)}^{ГП} \leq V_{вих(\max)}^{ГП} \\ T_0 \leq T_0^{\max} \end{array} \right. , \quad (3)$$

та лінійних обмеженнях-рівностях

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{nr(РБ)}^{неспр} = L_p \\ H_{\Gamma(ДХБ)}^{ГП} = 0 \\ V_{вих(ДХБ)}^{ППП} = 1,4 \end{array} \right. . \quad (4)$$

У даному випадку маємо оптимізаційну задачу з обмеженнями, для вирішення якої безпосереднє застосування відомого методу множників Лагранжа технічно ускладнено, оскільки число обмежень-рівностей є великим. З іншого боку, метод просто не можна застосувати, якщо обмеженнями є нерівності.

Стандартний метод множників Лагранжа, доповнений умовами, що витікають з теорії двоїстості, отримав своє узагальнення на задачі нелінійного програмування загального вигляду з обмеженнями типу рівностей та нерівностей. Необхідні умови оптимальності таких задач мають назву умов Куна-Таккера. Складемо для вихідної задачі (1), задачу Куна-Таккера при лінійних обмеженнях-рівностях

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{nr(РБ)}^{неспр} - L_p = 0 \\ H_{\Gamma(ДХБ)}^{ГП} = 0 \\ V_{вих(ДХБ)}^{ППП} - 1,4 = 0 \end{array} \right. , \quad (5)$$

нелінійних обмеженнях-рівностях

$$\left\{ \begin{array}{l} D_1 - f_{D_1}(V_0) = 0, \\ E_1 - f_{E_1}(V_0) = 0, \\ D_2 - f_{D_2}(V_0, I_1) = 0, \\ E_2 - f_{E_2}(V_0, I_1) = 0, \\ D_3 - f_{D_3}(V_0, I_1, I_2) = 0, \\ E_3 - f_{E_3}(V_0, I_1, I_2) = 0, \\ \dots\dots\dots \\ D_{X_n} - f_{D_{X_n}}(V_0, I_1, I_2, \dots, I_{X_{n-1}}) = 0 \\ E_{X_n} - f_{E_{X_n}}(V_0, I_1, I_2, \dots, I_{X_{n-1}}) = 0 \end{array} \right. , \quad (6)$$

лінійних обмеженнях-нерівностях

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1^{\min} \leq I_1 \leq 50 \Rightarrow \begin{cases} I_1^{\min} - I_1 \leq 0 \\ I_1 - 50 \leq 0 \end{cases} \\ I_2^{\min} \leq I_2 \leq I_2^{\max} \Rightarrow \begin{cases} I_2^{\min} - I_2 \leq 0 \\ I_2 - I_2^{\max} \leq 0 \end{cases} \\ \dots\dots\dots \\ I_n^{\min} \leq I_n \leq I_n^{\max} \Rightarrow \begin{cases} I_n^{\min} - I_n \leq 0 \\ I_n - I_n^{\max} \leq 0 \end{cases} \\ I_1 - I_2 - 25 \leq 0 \\ H_{\Gamma(\text{ДХБ})}^{\text{П}} - n_y h_{\text{од}} \leq 0 \\ V_{\text{вх}(\text{ДХБ})}^{\text{П}} - V_{\text{мх}} \leq 0 \\ T_0 - T_0^{\max} \leq 0 \end{array} \right. \quad (7)$$

Функція Лагранжа має вигляд

$$\begin{aligned}
L(I, V, U) = & A(B + \sum_{i=1}^{X_1} (G_i I_1 + D_i (E_i + F_i I_1))) + \\
& + \sum_{i=X_1+1}^{X_2} (G_i I_2 + D_i (E_i + F_i I_2)) + \dots + \sum_{i=X_{n-1}+1}^{X_n} (G_i I_n + D_i (E_i + F_i I_n)) + \\
& + V_1(L_{np}^{несп} - L_p) + V_2 H_{\Gamma}^{ПП} + V_3 (V_{вих}^{ППП} - 1,4) + V_4 (D_1 - f_{D_1}(V_0)) + \\
& + V_5 (E_1 - f_{E_1}(V_0)) + V_6 (D_2 - f_{D_2}(V_0, I_1)) + V_7 (E_2 - f_{E_2}(V_0, I_1)) + \\
& + V_8 (D_3 - f_{D_3}(V_0, I_1, I_2)) + V_9 (E_3 - f_{E_3}(V_0, I_1, I_2)) + \dots + \\
& + V_{2X_n+2} (D_{X_n} - f_{D_{X_n}}(V_0, I_1, I_2, \dots, I_{X_{n-1}})) + V_{2X_n+3} (E_{X_n} - f_{E_{X_n}}(V_0, I_1, I_2, \dots, I_{X_{n-1}})) + , \quad (8) \\
& + U_1 (I_1^{\min} - I_1) + U_2 (I_1 - 50) + U_3 (I_2^{\min} - I_2) + U_4 (I_2 - I_2^{\max}) + \dots + \\
& + U_{2n-1} (I_n^{\min} - I_n) + U_{2n} (I_n - I_n^{\max}) + U_{2n+1} (I_1 - I_2 - 25) + \\
& + U_{2n+2} (H_{\Gamma}^{ПП} - n_y h_{од}) + U_{2n+3} (V_{вих}^{ППП} - V_{\max}) + U_{2n+4} (T_0 - T_0^{\max})
\end{aligned}$$

і умови

$$\text{a) } \left\{ \begin{aligned}
& A \left(\sum_{i=1}^{X_1} (G_i + D_i F_i) \right) - V_6 \frac{\partial f_{D_2}}{\partial I_1} - V_7 \frac{\partial f_{E_2}}{\partial I_1} - V_8 \frac{\partial f_{D_3}}{\partial I_1} - \\
& - V_9 \frac{\partial f_{E_3}}{\partial I_1} - \dots - V_{2X_n+2} \frac{\partial f_{D_{X_n}}}{\partial I_1} - V_{2X_n+3} \frac{\partial f_{E_{X_n}}}{\partial I_1} - U_1 + U_2 + U_{2n+1} = 0; \\
& A \left(\sum_{i=X_1+1}^{X_2} (G_i + D_i F_i) \right) - V_8 \frac{\partial f_{D_3}}{\partial I_2} - V_9 \frac{\partial f_{E_3}}{\partial I_2} - \dots - V_{2X_n+2} \frac{\partial f_{D_{X_n}}}{\partial I_2} - \\
& - V_{2X_n+3} \frac{\partial f_{E_{X_n}}}{\partial I_2} - U_3 + U_4 - U_{2n+1} = 0; \\
& \dots \dots \dots \\
& A \left(\sum_{j=X_{n-1}+1}^{X_n} (G_j + D_j F_j) \right) - U_{2n-1} + U_{2n} = 0.
\end{aligned} \right. \quad (9)$$

б) Часткові похідні по двоїстим змінним $\frac{\partial L}{\partial V_k}$ и $\frac{\partial L}{\partial U_i}$

$$\left(\begin{aligned}
& L_{np}^{несп} - L_p \leq 0; \\
& H_{\Gamma}^{ПП} \leq 0; \\
& V_{вих}^{ППП} - 1,4 \leq 0;
\end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned}
D_1 - f_{D_1}(V_0) &\leq 0, E_1 - f_{E_1}(V_0) \leq 0, \\
D_2 - f_{D_2}(V_0, I_1) &\leq 0, E_2 - f_{E_2}(V_0, I_1) \leq 0, \\
D_3 - f_{D_3}(V_0, I_1, I_2) &\leq 0, E_3 - f_{E_3}(V_0, I_1, I_2) \leq 0,
\end{aligned}$$

.....

$$\begin{aligned}
D_{X_n} - f_{D_{X_n}}(V_0, I_1, I_2, \dots, I_{X_{n-1}}) &\leq 0, \\
E_{X_n} - f_{E_{X_n}}(V_0, I_1, I_2, \dots, I_{X_{n-1}}) &\leq 0; \\
I_1^{\min} - I_1 &\leq 0; I_1 - 50 \leq 0; \\
I_2^{\min} - I_2 &\leq 0; I_2 - I_2^{\max} \leq 0; \\
..... \\
I_n^{\min} - I_n &\leq 0; I_n - I_n^{\max} \leq 0; I_1 - I_2 - 25 \leq 0; \\
H_{\Gamma(\text{ДХБ})}^{\text{П}} - n_y h_{\text{од}} &\leq 0; V_{\text{вх}(\text{ДХБ})}^{\text{П}} - V_{\text{max}} \leq 0; T_0 - T_0^{\max} \leq 0.
\end{aligned} \tag{10}$$

в) умова доповнюючої нежорсткості (2-га теорема двоїстості)

$$\left\{ \begin{aligned}
U_1(I_1^{\min} - I_1) &= 0; \\
U_2(I_1 - 50) &= 0; \\
U_3(I_2^{\min} - I_2) &= 0; \\
U_4(I_2 - I_2^{\max}) &= 0; \\
.....; \\
U_{2n-1}(I_n^{\min} - I_n) &= 0; \\
U_{2n}(I_n - I_n^{\max}) &= 0; \\
U_{2n+1}(I_1 - I_2 - 25) &= 0; \\
U_{2n+2}(H_{\Gamma(\text{ДХБ})}^{\text{П}} - n_y h_{\text{од}}) &= 0; \\
U_{2n+3}(V_{\text{вх}(\text{ДХБ})}^{\text{П}} - V_{\text{max}}) &= 0; \\
U_{2n+4}(T_0 - T_0^{\max}) &= 0.
\end{aligned} \right. \tag{11}$$

$$\Gamma) \quad U_i \geq 0. \tag{12}$$

Рішення необхідно починати з послідовного перебору усіх можливих комбінацій рівності нулю множників групи в). Спочатку передбачаємо, що двоїсті змінні рівні нулю або йому не рівні: $U_i = 0$ ($\forall i$), потім одне з $U_i = 0$, решта не рівні нулю, і так далі.

У третьому розділі на базі побудованої процедури створене програмне забезпечення для комплексного розрахунку оптимальних висоти та поздовжнього профілю сортувальних пристроїв, яке було розроблене в середовищі Visual Studio 8.0 та написане на мові C++ з використанням бібліотек QT.

Запропоноване програмне забезпечення, в порівнянні з існуючими, відрізняється наступними перевагами:

- дуже зручний та інтуїтивно зрозумілий користувачу інтерфейс;
- мінімальні вимоги до системи при максимальній швидкості обчислень;
- передбачена можливість одночасного моделювання скокування трьох бігунів (ДПБ/ПБ, ДХБ/ХБ, РБ);
- оптимальні параметри висоти та поздовжнього профілю сортувального пристрою визначаються комплексно на підставі результатів імітаційного моделювання процесу скокування розрахункових бігунів;
- необхідне гальмування бігунів на гальмових позиціях спускної частини здійснюється автоматично, виходячи з розрахункових інтервалів на обмежуючих елементах та швидкості входу на гальмові позиції;
- передбачена можливість збереження отриманих результатів розрахунку.

Дослідженнями встановлено, що математичне очікування вірогідності опису процесу скокування розрахункових бігунів на удосконаленій імітаційній моделі складає 96,43 % при середньоквадратичному відхиленні 0,81 %.

Розроблений програмний продукт дозволив отримати оптимальні конструктивні параметри для гірок малої, середньої та великої потужності.

Результати розрахунків свідчать про наступне:

- а) рекомендовані варіанти конструктивних параметрів забезпечують:
 - задоволення вимоги діючих ПНПСП щодо безпеки скокування вагонів та безперебійності сортувального процесу;
 - ресурсозбереження, а саме: зменшення потрібної потужності гальмових позицій спускної частини до 39, 8 %, потужності ПГП – до 19,4 %;
 - раціональне та оптимальне використання потужності І ГП;
 - відсутність необхідності гальмування ДПБ для одержання необхідних інтервалів на розділових елементах, що свідчить про енергоефективність конструктивних параметрів;
- б) отримані результати щодо потрібної потужності відповідних гальмових позицій дозволили рекомендувати їх оснащення сучасними вітчизняними вагонними уповільнювачами УВУ – 07 потужністю 0,5 кДж/кН, які від своїх закордонних аналогів вигідно відрізняє відносно невелика вартість та значно менші енерговитрати на одне спрацьовування;
- в) при розташуванні І ГП після 1-ої розділової стрілки необхідна менша потужність ІІ ГП та ПГП ніж при розташуванні її до 1-ої розділової стрілки, проте, потрібна потужність І ГП у такому випадку є більшою, що свідчить про необхідність техніко-економічного обґрунтування варіантів конструктивного розташування І ГП відносно 1-ої розділової стрілки.

У четвертому розділі було удосконалено методика техніко-економічного порівняння варіантів конструктивних параметрів та технічного оснащення сортувальних пристроїв. Зокрема, запропоновано визначати експлуатаційні витрати на електроенергію не по витратам її на одне спрацьовування уповільнювача, оскільки ці дані для уповільнювачів нового покоління відсутні, а по витратам стиснутого повітря на одне спрацьовування

$$E_{el} = \frac{0,0061 \cdot P_{cm} C_{el} (V_{вmp} + k_{зб} N \sum_{i=1}^n k_{вкл(i)} V_{сnp(i)} n_{yn(i)})}{\Pi_{cm}}, \quad (13)$$

де P_{cm} - споживана потужність компресорної станції, кВт;

C_{el} - вартість 1 кВт·год електроенергії, грн;

$V_{вmp}$ - втрати стиснутого повітря з гальмових циліндрів та пневматичних вузлів уповільнювачем за добу, м³;

$k_{зб}$ - коефіцієнт збільшення витрати стиснутого повітря взимку;

N - кількість вагонів, що перероблюється гіркою за добу, ваг;

$k_{вкл(i)}$ - середнє число спрацьовувань уповільнювачами i -ої гальмової позиції в розрахунку на один вагон;

$V_{сnp(i)}$ - витрати вільного повітря уповільнювачами i -ої гальмової позиції на одне спрацьовування, м³;

$n_{yn(i)}$ - кількість уповільнювачів на i -ій гальмовій позиції;

Π_{cm} - продуктивність компресорної станції, м³/хв.

На підставі удосконаленої процедури техніко-економічного порівняння варіантів конструктивних параметрів та технічного оснащення сортувальних пристроїв визначена ефективність застосування рекомендованих конструктивних параметрів для сортувальних пристроїв станцій Основа та Харків – Сортувальний.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-практична задача удосконалення функціонування сортувальних пристроїв на основі розробленої технології комплексного розрахунку їх конструктивних параметрів, що дозволить суттєво зменшити експлуатаційні витрати, якими супроводжується сортувальний процес за рахунок застосування оптимальних висоти та поздовжнього профілю з раціональним використанням потужності вагонних уповільнювачів. На підставі проведених в дисертації досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Конструктивні параметри сортувальних пристроїв (зокрема значення уклонів елементів поздовжнього профілю), що нині експлуатуються на мережі залізниць України, в більшості випадків не відповідають вимогам ПНПСП відносно безпеки та безперебійності сортувального процесу. Оснащення гальмових позицій морально та фізично застарілими типами вагонних уповільнювачів, відсоток, що відпрацювали строк експлуатації, яких на деяких станціях сягає 40 % та низькі темпи модернізації технічного оснащення в умовах падіння обсягів сортувальної роботи, призводять до необґрунтовано завищеної собівартості переробки одного вагону.

2. Вирішення питання оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв із застосуванням наукових підходів, розроблених за радянських часів, є неефективним, оскільки їх головним пріоритетом було

підвищення переробної спроможності, що за сучасних умов втратило свою актуальність. Відомі сучасні методи оптимізації конструктивних параметрів відрізняються відсутністю комплексного підходу при розрахунках висоти та поздовжнього профілю, а деякі вимагають проведення коштовних експериментальних досліджень та трудомістких розрахунків.

3. З метою вирішення актуального питання щодо приведення у відповідність енерговитрат сортувального процесу до розмірів переробки з раціональним використанням технічних засобів, запропоновано та обґрунтовано використання, у якості критерію комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв, сумарної потрібної потужності гальмових позицій спускної частини, виходячи з умови його мінімізації.

4. Дослідженнями встановлено суттєву залежність величини опору середовища та вітру від зміни швидкості вітру та температури повітря (до 29 %). Зроблено висновки стосовно відчутної зміни кліматичних умов м. Харкова, на відміну від тих, що мали місце при будівництві сортувальних пристроїв цього регіону. Завдяки визначенню сучасних розрахункових умов для сортувальних пристроїв станцій Основа та Харків-Сортувальний та проведенню імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів, зроблені висновки стосовно неоптимальності їхнього поздовжнього профілю, що спричиняє значний перепробіг РБ відносно РТ (до 46,37 м). Крім того, доведена нездатність існуючої потужності гальмових позицій забезпечити вимоги безпеки та безперебійності сортувального процесу.

5. З метою удосконалення функціонування сортувальних пристроїв та спираючись на результати дослідження впливу конструктивних параметрів та кліматичних умов на критерій оптимізації, рекомендовано наступне:

– враховуючи встановлений прямопропорційний вплив дальності пробігу РБ відносно РТ на величину потрібної потужності гальмових позицій, рекомендовано проводити оптимізацію конструктивних параметрів виходячи з умови докочування РБ до РТ;

– аналіз впливу величини уклону стрілочної зони на потрібну потужність ППП виявив його незначну залежність. Рекомендоване проектування вказаної ділянки на максимальному уклоні (2 %), що дозволить, зменшивши профільну висоту ділянки від вершини гірки до початку стрілочної зони, зменшити потрібну потужність гальмових позицій спускної частини та водночас забезпечити більшу дальність пробігу розрахункового бігуна;

– з метою ресурсозбереження та раціонального використання, потрібну потужність гальмових позицій рекомендовано визначати окремо для сприятливих та несприятливих умов скочування з вибором найбільшої;

6. Розроблено модель комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв із застосуванням методу множників Лагранжа та умов Куна-Такера, що дозволяє комплексно визначити оптимальну висоту та поздовжній профіль виходячи з мінімізації потрібної потужності гальмових позицій спускної частини, а також враховує у неявному вигляді наслідки зміни кліматичних умов функціонування сортувальних пристроїв;

7. Створена докладна процедура комплексного визначення оптимальних конструктивних параметрів сортувальних пристроїв, яка дозволила розробити

відповідний програмний продукт на базі удосконаленої імітаційної моделі процесу скочування розрахункових бігунів.

В результаті проведення оптимізаційних розрахунків для типових гіркових горловин за розробленим програмним забезпеченням вдалося:

- забезпечити вимоги щодо безпеки скочування вагонів та безперервності сортувального процесу;

- для ГСП та ГВП зменшити висоту на величину від 21,8 до 30,1 %.

Внаслідок цього, сумарна потрібна потужність уповільнювачів спускної частини зменшилася на величину від 26,7 до 39,8 %. Потрібна потужність ПГП також зменшилася на величину від 11,2 до 19,4%;

- отримати у якості оптимального положисто-східчастий профіль;

- завдяки отриманому профілю та його енергетичним характеристикам рекомендувати встановлення на гальмових позиціях спускної частини сучасних вітчизняних уповільнювачів типу УВУ-07.

8. Удосконалено процедуру техніко-економічного порівняння варіантів конструктивних параметрів та технічного оснащення сортувальних гірок щодо більш точного визначення експлуатаційних витрат електроенергії, які пропонується визначати по витратам стиснутого повітря на одне спрацьовування. Отримані оптимальні конструктивні параметри для сортувальних пристроїв Південної залізниці. Очікуваний економічний ефект для Південної сортувальної гірки станції Основа при рекомендованому профілі та застосуванні на I ГП уповільнювачів ВНУ-2 складе 539,0 тис. грн та 430,97 тис. грн при застосуванні на I та II ГП уповільнювачів УВУ-07. Для Північної сортувальної гірки станції Основа цей ефект складе відповідно 551,44 та 564,42 тис. грн, а для сортувальної гірки станції Харків–Сортувальний він становитиме 598,60 та 611,64 тис. грн відповідно.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1 Куценко М. Ю. 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.

2 Куценко М. Ю. 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.

3 Куценко М. Ю. 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.

4 Куценко М. Ю. 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.

5 Куценко М. Ю. 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.

6 Куценко М. Ю. 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.

7 Куценко М. Ю. 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.

8 Куценко М. Ю. 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.

9 Куценко М. Ю. 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.

10 Куценко М. Ю. 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.: ДЕТУТ, 2009. – Випуск 14. – С. 186–190.

11 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.

АНОТАЦІЯ

Куценко М. Ю. Підвищення енергоефективності функціонування сортувальних пристроїв на основі комплексної оптимізації конструктивних параметрів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2009 р.

Дисертація присвячена питанням удосконалення функціонування сортувальних пристроїв на основі комплексного підходу до розрахунку їх конструктивних параметрів, що є актуальним в умовах падіння обсягів

перевезень. З цією метою в роботі проаналізовані відомі методи розрахунку конструктивних параметрів сортувальних пристроїв та виявлені їх недоліки, на підставі чого було обґрунтовано критерій комплексної оптимізації конструктивних параметрів, спрямований на підвищення ресурсозбереження та енергоефективності сортувального процесу.

Розроблена нова процедура комплексного визначення оптимальних конструктивних параметрів сортувальних пристроїв з використанням моделі нелінійного програмування. Для проведення комплексного розрахунку висоти та поздовжнього профілю сортувальних пристроїв розроблене програмне забезпечення на базі імітаційної моделі процесу скочування розрахункових бігунів.

Вдосконалено процедуру техніко-економічного порівняння варіантів конструктивних параметрів та технічного оснащення сортувальних пристроїв.

Проведені розрахунки дозволили отримати нові конструктивні параметри сортувальних пристроїв станцій Основа та Харків – Сортувальний, які забезпечують мінімальні експлуатаційні витрати.

Ключові слова: енергоефективність, функціонування, сортувальний пристрій, конструктивні параметри, оптимізація, ресурсозбереження.

АННОТАЦІЯ

Куценко М. Ю. Повышение энергоэффективности функционирования сортировочных устройств на основе комплексной оптимизации конструктивных параметров. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2009 г.

Диссертация посвящена вопросам усовершенствования функционирования сортировочных устройств на основе комплексного подхода к расчету их высоты и продольного профиля, что является актуальным в условиях падения объемов перевозок. С этой целью в работе проанализированы известные методы расчета конструктивных параметров сортировочных устройств и выявлены их недостатки, на основании чего был обоснован критерий комплексной оптимизации конструктивных параметров, ориентированный на повышение ресурсосбережения и энергоэффективности сортировочного процесса.

Оценено влияние конструктивных параметров и динамики изменения климатических условий функционирования сортировочных устройств на критерий оптимизации. Результаты проведенной оценки позволили сформировать определенные рекомендации к проведению комплексной оптимизации конструктивных параметров, направленные на обеспечение ресурсосбережения и снижения энергозатрат.

Для комплексного расчета высоты и продольного профиля сортировочных устройств разработана математическая модель, которая представлена в виде оптимизационной задачи нелинейного программирования с ограничениями. В отличие от известных, данная модель позволяет получить минимальную потребную мощность тормозных позиций и комплексно определить необходимые для этого параметры высоты и продольного профиля. Кроме этого, модель учитывает в неявном виде последствия глобальных климатических изменений, анализ влияния которых для действующих сортировочных устройств позволил получить новые расчетные метеорологические параметры, которые, в отличие от существующих, наиболее полно и точно отображают их современные условия функционирования.

Разработана новая процедура комплексного определения оптимальных высоты и продольного профиля сортировочных устройств с использованием модели нелинейного программирования. Данная процедура легла в основу создания программного обеспечения на базе усовершенствованной имитационной модели скатывания расчетных бегунов, которое кроме комплексного определения оптимальных высоты и продольного профиля, также автоматически определяет необходимые режим и величину торможения расчетных бегунов на тормозных позициях. С помощью разработанного программного продукта были получены оптимальные параметры высоты и продольного профиля для сортировочных устройств станций Основа и Харьков–Сортировочный.

Усовершенствована процедура технико-экономического сравнения вариантов конструкции и технического оснащения сортировочных устройств в части более точного определения затрат на электроэнергию для регулирования скорости движения отцепов и распространена на новое поколение технических средств регулирования скорости отцепов. Установлено, что рекомендуемые конструктивные параметры для сортировочных устройств станций Основа и Харьков – Сортировочный позволяют достигнуть снижения эксплуатационных затрат до 63 %.

Ключевые слова: энергоэффективность, функционирование, сортировочное устройство, конструктивные параметры, оптимизация, ресурсосбережение.

THE SUMMARY

Kutsenko M. U. Energyefficiency increasing of function of sorters on base complex optimization of design parameters. – Manuscript.

Thesis for getting of scientific degree of candidate of technical sciences for speciality 05.22.20 – an usage and repair of the facilities of the transport; Ukrainian State Academy of Railway Transport; Kharkov, 2009.

Thesis is devoted to improvement questions of function sorters on base complex way to accounting of their design parameters, it is actual in the conditions of decrease

transport volume. With this aim in the work the famous accounting methods of design sorters parameters were analyzed and their faults were shown, and that's why the criterion of complex optimization of design parameters was proved and directed to increasing of resource – saving and energyefficiency of sort process.

The new procedure of complex determination of optimal design sorters parameters with using model of nonlinear base imitation model process of rolling of accounting run-wagons was done for passing of complex accounting high and longitudinal sorters profile.

The procedure of technical economic variants comparison of design parameters and technical sorters equipment was improved.

The made calculations allowed to get the new design sorters parameters at the station Osnova and Kharkiv-Sortuvalniy, which secure minimum exploitation costs.

Keywords: energyefficiency, function, sorter, design parameter, optimization, resource-saving.