

4. Шапиро Дж. Моделирование цепи поставок / Пер. с англ. под ред. В.С. Лукинского – СПб.: Питер, 2006. – 720 с.: ил. – (Серия «Теория менеджмента»).
5. Логистика: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальностям «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учёт, анализ и аудит»/ Т.И. Савенкова. – 3-е изд., стер. – М.: Издательство «Омега-Л», 2008. – 255 с.: ил., табл. – (Библиотека высшей школы).
6. ESSENTIAL of Supply Chain Management, by Michael Hugos, by «John Wiley & Sons», Inc., Hoboken, New Jersey, 2008. – 254.
7. Гаджинский А.М. Современный склад. Организация, технологии, управление и логистика: учеб.-практическое пособие. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. – 176 с.
8. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов. / Под. ред. Проф. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА, 2004.
9. Николайчук В.Е. Транспортно-складская логистика: Учебное пособие. – 2-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2007. – 452 с.
10. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок: [пособие]/ В.В. Никифоров. – М.: ГроссМедиа: РОСБУХ, 2008. – 192 с.
11. Неруш Ю.М. Логистика: учеб. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ТК Велби, Изд-во проспект, 2007. – 520 с.
12. Логистические цепи сложно-технологических производств: Учебное пособие./ Л.Б. Миротин; В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, А.Г. Некрасов. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 288 с. (Серия «Учебное пособие для вузов»)
13. Стефанюк В.Л. Локальная организация интеллектуальных систем. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 328 с.

*Розглядається питання оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв Південної залізниці. Отримані конструктивні параметри для сортувальних гірок станцій Основа та Харків-Сортувальний дозволяють значно знизити експлуатаційні витрати на забезпечення сортувального процесу*

*Ключові слова: сортувальний пристрій, конструктивні параметри, оптимізація*

*Рассматривается вопрос оптимизации конструктивных параметров сортировочных устройств Южной железной дороги. Полученные конструктивные параметры для сортировочных горок станций Основа и Харьков-Сортировочный позволяют значительно снизить эксплуатационные расходы для обеспечения сортировочного процесса*

*Ключевые слова: сортировочное устройство, конструктивные параметры, оптимизация*

*The question of optimization of structural parameters of sorting devices of the South railway is examined. The got structural parameters for the sorting hills of the stations Osnova and Kharkiv-Sortyvalniy allow considerably to reduce running expenses for providing of sorting process*

*Keywords: sorting device, structural parameters, optimization*

УДК 656.212.5

# КОМПЛЕКСНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПІВДЕННОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

М.Ю. Куценко

Аспірант

Кафедра залізничних станцій та вузлів

Українська державна академія залізничного транспорту

майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

Контактний тел.: 8-068-953-37-86, 8 (057) 730-10-42

## 1. Вступ

В умовах значного зниження обсягів та жорсткої конкуренції в сфері вантажних перевезень, особливої

гостроти набуває питання оптимізації експлуатаційних витрат, якими супроводжується перевізний процес. Зважаючи на суттєву частку собівартості переробки вагонів на сортувальному пристрої в загальній

собівартості перевезення, актуальними стають дослідження, спрямовані на приведення експлуатаційних витрат для забезпечення сортувального процесу у відповідність до існуючих розмірів переробки

## 2. Постановка задачі

В [1] вже зазначалося про значний вплив вартості уповільнювачів, якими обладнано гальмові позиції сортувальних пристроїв, на загальні експлуатаційні витрати. Проведені дослідження щодо вивчення структури парку вагонних уповільнювачів на мережі залізниць України показали, що має місце використання морально застарілих типів вагонних уповільнювачів (КВ-2, КВ-3, Т-50, ВНУ-2), яких відрізняє підвищене енергоспоживання та трудомісткість обслуговування. Крім того, темпи модернізації технічного оснащення сортувальних пристроїв дуже повільні, а саме, відсоткове співвідношення нових уповільнювачів до загального парку становить лише 6%. Дослідження, проведені в [2], встановили, що жоден сортувальний пристрій своїми конструктивними характеристиками не відповідає діючим вимогам [3], що веде до погіршення якості та безпеки сортувального процесу. Вищенаведене стало підставою для вивчення енергетичних властивостей сортувальних пристроїв, для чого було проведено імітаційне моделювання процесу скочування розрахункових бігунів на сортувальних пристроях станцій Основа та Харків-Сортувальний Південної залізниці.

При дослідженні була використана імітаційна модель процесу скочування бігунів розроблена в

[4]. Результати імітаційного моделювання наведені у таблиці 1.

Аналіз узагальнених результатів імітаційного моделювання дає підстави стверджувати, що на всіх гірках відбувається перепробіг розрахункового бігуна за розрахункову точку у несприятливих умовах.

Гальмові позиції (ГП) спускної частини цих гірок обладнані уповільнювачами російського виробництва КЗ-3 по два уповільнювача на кожній позиції. Використання потужності I ГП потрібне тільки на Південній гірці станції Основа у несприятливих умовах і дорівнює 0,11 кДж/кН. На решті гірок потужність I ГП на умову забезпечення допустимої швидкості входу на II ГП та на дотримання вимог інтервального регулювання швидкості скочування вагонів не використовується. З іншого боку, наявної потужності II ГП на умову забезпечення максимального інтервалу на останній розділовій стрілці у сполучі хороший бігун – дуже поганий бігун (ХБ – ДПБ) вистачає лише на Північній сортувальній гірці станції Основа як в сприятливих так і несприятливих погодних умовах.

Крім того, наявної потужності II ГП на забезпечення вимоги щодо зупинки на цій позиції в сприятливих умовах чотиривісного вагона вагою 981 кН і опором 0,5 Н/кН не вистачає на усіх гірках. На ПГП вищезгаданих гірок встановлено по три уповільнювача ВНУ-2. Згідно з [3], гальмування на цій позиції виконувалося на умову забезпечення швидкості виходу ХБ з неї зі швидкістю не більше 1,4 м/с. В ході моделювання виявилось, що з огляду на попереднє гальмування ХБ на гальмових пози-

Таблиця 1

Узагальнені результати імітаційного моделювання

Гірка	Умови скочування	$L_p, \text{ м}$	$L_{\text{тр}}^{\text{РБ}}, \text{ м}$	$V_{\text{вх}}^{\text{I ГП}}, \text{ м/с}$	$h_{\text{галХ}}^{\text{I ГП}}, \text{ кДж/кН}$ (наявн./потр.)	$V_{\text{вх}}^{\text{II ГП}}, \text{ м/с}$	$h_{\text{галХ}}^{\text{II ГП}}, \text{ кДж/кН}$ (наявн./потр.)	$V_{\text{вх}}^{\text{ПГП}}, \text{ м/с}$	$h_{\text{галХ}}^{\text{ПГП}}, \text{ кДж/кН}$ (наявн./потр.)	$h_{\text{потр}}^{\text{зупДХ}}, \text{ кДж/кН}$
				Х/ДП	Х	Х/ДП	Х	Х/ДП	Х	
Основа (Півд.)	неспр.	479,3	513,9	5,68/ 5,10	2,200/ 0,110	7,46/ 5,93	2,200/ 2,529	4,16/ 3,32	1,050/ 0,566	–
	спр.		826,9	5,76/ 5,34	2,200/ –	7,91/ 6,92	2,200/ 2,711	5,37/ 6,19	1,050/ 1,003	3,654
Основа (Півн.)	неспр.	365,6	411,1	4,89/ 4,32	2,200/ –	6,50/ 5,26	2,200/ 1,786	3,25/ 3,08	1,050/ 0,457	–
	спр.		792,6	4,96/ 4,54	2,200/ –	6,71/ 5,93	2,200/ 1,810	4,02/ 5,20	1,050/ 0,771	2,582
Харків-Сортув.	неспр.	350,0	396,3	3,80/ 3,36	2,200/ –	6,72/ 5,50	2,200/ 2,229	2,88/ 3,59	1,050/ 0,318	–
	спр.		703,7	3,86/ 3,54	2,200/ –	6,95/ 6,20	2,200/ 2,305	3,84/ 5,69	1,050/ 0,611	3,025

ціях спускної частини, потужності ПГП в цілому вистачає, щоб забезпечити допустиму швидкість виходу з неї.

Роблячи загальні висновки щодо проведеного імітаційного моделювання, можна констатувати, що

конструктивні параметри сортувальних гірок, які досліджувалися, не є оптимальними та не можуть забезпечити вимог [3] стосовно безпеки та безперервності сортувального процесу, що визначає необхідність проведення їх оптимізації.

### 3. Аналіз досвіду попередників

Аналіз розвитку теорії розрахунку сортувальних пристроїв на теренах колишнього СРСР, який проводився у [5], дозволив констатувати, що на момент її становлення, 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 відцепів, 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 відцепів та кліматичні умови функціонування – все це, разом з іншими факторами, стало підґрунтям для визначення вимог, згідно з якими було сформовано радянську теорію розрахунку основних 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 сучасні відомі методи та методики оптимізації конструктивних параметрів з урахуванням зазначених аспектів, доводиться констатувати відсутність комплексного підходу при розрахунках висоти та поздовжнього профілю (спочатку розраховується висота, а вже потім визначається поздовжній профіль), а в деяких випадках необхідні коштовні та трудомісткі експериментальні дослідження.

### 4. Основна частина

В роботі [6] була розроблена методика комплексного розрахунку оптимальних конструктивних параметрів сортувальних пристроїв, яка була використана автором при створенні програмного продукту, що моделює процес скочування розрахункових бігунів при різних метеорологічних умовах, та на підставі отриманих результатів обирає оптимальні висоту та поздовжній профіль сортувального пристрою. Програмне забезпечення, робоче вікно якого наведено на рис. 1 було

створене в середовищі Visual Studio 8.0 та написане на мові С++ з використанням бібліотек QT. Удосконалена імітаційна модель, в порівнянні з відомими, відрізняється наступними перевагами:

- мінімальні вимоги до системи при максимальній швидкості обчислень;
- комплексно визначаються оптимальні конструктивні параметри сортувальної гірки;
- необхідне гальмування бігунів на гальмових позиціях спускної частини здійснюється автоматично виходячи з розрахункових інтервалів на обмежуючих елементах;
- передбачає можливість збереження отриманих результатів розрахунку.

Математичне очікування вірогідності опису процесу скочування на розробленій імітаційній моделі (V) складає 96,43 % при середньоквадратичному відхиленні 0,81 %. Визначення вірогідності опису процесу скочування здійснювалося на підставі порівнянь швидкості виходу відцепів з розрахункової точки при натурних спостереженнях та отриманих за допомогою імітаційної моделі. Натурні спостереження проводилися на сортувальній гірці станції Харків – Сортувальній.

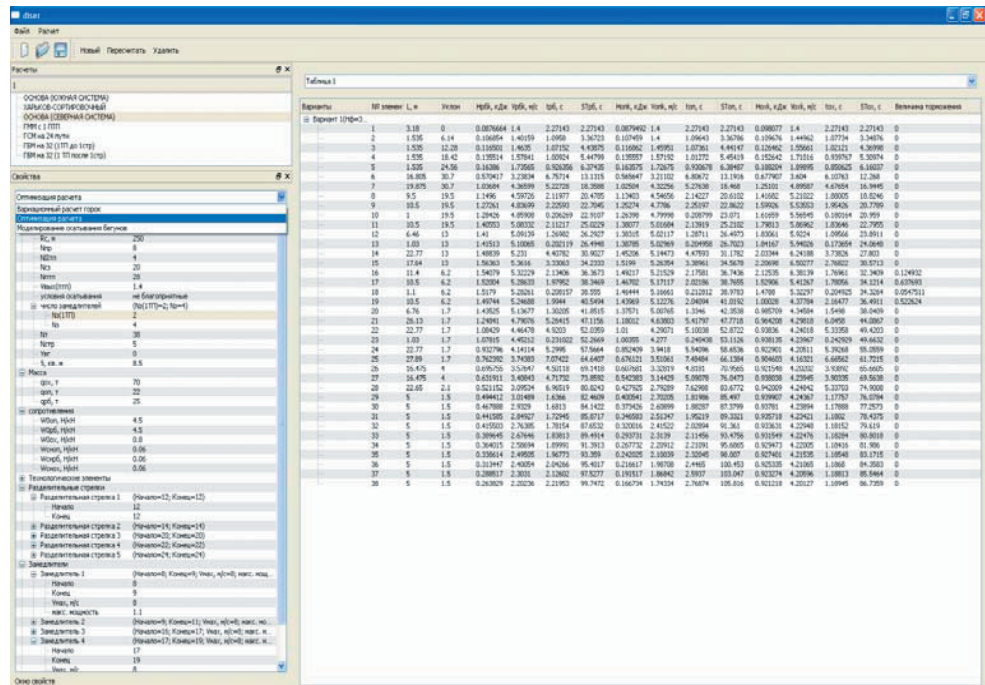


Рис. 1. Робоче вікно програми оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв

За допомогою розробленого програмного забезпечення була проведена оптимізація висоти та поздовжнього профілю сортувальних гірок станцій Основа та Харків-Сортувальній.

У якості рекомендаційних розглядалися два варіанти технічного оснащення вищезгаданих сортувальних гірок:

- з оснащенням I ГП уповільнювачами ВНУ-2, II ГП – КЗ-3 та ПГП – ВНУ-2;
- з оснащенням I ГП та II ГП вітчизняними уповільнювачами УВУ – 07, ПГП – ВНУ-2.

Результати розрахунків щодо оптимізації конструктивних параметрів та результати імітаційного

моделювання процесу скочування розрахункових бігунів наведені в таблицях 2 – 4.

**Таблиця 2**

Рекомендовані варіанти конструктивного виконання гірок при обладнанні їх уповільнювачами типу ВНУ–2 та УВУ–07

Гірка	Варіант профілю	$i_{шв}, \%$	$i_{ПГП}, \%$	$i_{пр}, \%$	$i_{2ГП}, \%$	$i_{сз}, \%$	$i_{ППП}, \%$	$i_{РТ}, \%$
Південна, ст. Основа	ВНУ-2	30,7	8,2	7,7	26,8	2,0	1,5	0,6
	УВУ-07	31,6	9,2	7,2	26,9	2,0	1,5	0,6
Північна, ст. Основа	ВНУ-2	29,7	7,2	3,1	25,3	2,0	1,5	0,6
	УВУ-07	29,5	7,3	3,1	25,3	2,0	1,5	0,6
ст. Харків-Сортувальний	ВНУ-2	28,6	7,4	5,7	25,5	2,0	1,5	0,6
	УВУ-07	30,3	7,0	5,5	25,0	2,0	1,5	0,6

Аналіз результатів імітаційного моделювання дозволив зробити наступні висновки:

- пробіг розрахункового бігуна до розрахункової точки в зимових несприятливих умовах забезпечується для усіх сортувальних гірок;
- оптимізація конструктивних параметрів дозволила зменшити висоту усіх сортувальних гірок;
- отримані варіанти поздовжнього профілю дозволили зменшити потрібне число уповільнювачів ПГП до двох ланок ВНУ-2.

Проведене техніко-економічне порівняння базисного та запропонованих варіантів конструктивних

параметрів за методикою [7], свідчить про те, що очікуваний річний ефект при строку окупності капітальних вкладень 10 років 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.

**Таблиця 3**

Узагальнені результати імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів при обладнанні I ГП сортувальних гірок уповільнювачами ВНУ-2

Гірка	$H_p, м$	Умови	$L_{пр}^{РБ}, м$	$h_{гал}^{IГП},$	$h_{гал}^{2ГП},$	$h_{гал}^{ППП},$	$h_{зуп},$	Потрібна кількість уповільнювачів
				кДж/кН	кДж/кН	кДж/кН	кДж/кН	
				X	X	X	ДХ	
Півд., ст. Основа	3,40	неспр.	462,42	0,750	0,975	0,563	2,184	I ГП – 4 ВНУ-2 II ГП – 2 КЗ-3 III ГП – 2 ВНУ-2
		сприят.	758,48	0,269	1,866	0,695		
Півн., ст. Основа	2,46	неспр.	354,04	0,619	0,675	0,504	1,567	I ГП – 3 ВНУ-2 II ГП – 2 КЗ-3 III ГП – 2 ВНУ-2
		сприят.	556,98	0,251	1,253	0,572		
ст. Харків-Сорт.	2,69	неспр.	357,33	0,571	1,057	0,356	1,785	I ГП – 3 ВНУ-2 II ГП – 2 КЗ-3 III ГП – 2 ВНУ-2
		сприят.	602,90	0,292	1,525	0,492		

Таблиця 4

Узагальнені результати імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів при обладнанні I та II ГП сортувальних гірок уповільнювачами УВУ-07

Гірка	$H_p, \text{ м}$	Умови	$L_{\text{пр}}^{\text{РБ}}, \text{ м}$	$h_{\text{гал}}^{\text{IГП}}, \text{ кДж/кН}$	$h_{\text{гал}}^{\text{IIГП}}, \text{ кДж/кН}$	$h_{\text{гал}}^{\text{IIIГП}}, \text{ кДж/кН}$	$h_{\text{зуп}}, \text{ кДж/кН}$	Потрібна кількість уповільнювачів
				X	X	X	ДХ	
Півд., ст. Основа	3,41	неспр.	462,42	0,810	0,909	0,543	2,487	I ГП – 3 УВУ-07 II ГП – 5 УВУ-07 III ГП – 2 ВНУ-2
		сприят.	761,34	0,100	2,104	0,692		
Півн., ст. Основа	2,46	неспр.	354,04	0,659	0,588	0,542	1,543	I ГП – 3 УВУ-07 II ГП – 4 УВУ-07 III ГП – 2 ВНУ-2
		сприят.	556,98	0,259	1,221	0,592		
ст. Харків-Сорг.	2,70	неспр.	357,33	0,521	1,235	0,249	1,986	I ГП – 3 УВУ-07 II ГП – 4 УВУ-07 III ГП – 2 ВНУ-2
		сприят.	603,63	0,071	1,768	0,243		

### 5. Висновки

Таким чином, одержані за допомогою розробленого програмного забезпечення висота та поздовжній профіль сортувальних гірок відповідають вимогам безпеки та безперервності сортувального процесу та дозволяють отримати оптимальну потрібну потужність вагонних уповільнювачів, що, в свою чергу, призведе до суттєвого зниження експлуатаційних витрат.

### Література

1. Математична модель для визначення оптимальних конструктивно – технологічних параметрів сортувальних гірок / І. В. Берестов, О. М. Огар, О. Б. Ахієзер, М. Ю. Куценко // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2009. – №1/6 (37). – С. 4 – 8.
2. Аналіз і особливості конструкції гіркових горловин вітчизняних сортувальних пристроїв / О.М. Огар, О.В. Розсоха, С.М. Світличний // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків, 2007. – Випуск 85. – С. 57 – 64.
3. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР // ВСН 207 – 89 / МПС. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с. – (Нормативное производственно-практическое издание).
4. Огарь А. Н. Повышение ресурсосбережения и эффективности функционирования сортировочных горок при оптимизации продольного профиля: дисс.... кандидата техн. наук: 05.22.20 / Огарь Александр Николаевич. – Харьков, 2002. – 191 с.
5. 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. До питання розробки методики комплексного розрахунку оптимальних конструктивних параметрів сортувальних гірок / І.В. Берестов, О.М. Огар, О.Б. Ахієзер, М.Ю. Куценко // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2009. – №2/3 (38). – С.56 – 60.
7. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / [ Муха Ю.А., Тишков Л.Б., Шейкин В.П. и др.]; под ред. Е.Б. Васюкевича. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.