

8. Ramesh Babu A. Effective Nesting of Complex Two Dimensional Shapes. [Текст] / A. Ramesh Babu - Саарбрюккен, Германия, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. - 200с.
9. Elamvazuthi I., Kamaruddin S. Automation of nesting and cutting processes of leather furniture production: a case study [Текст] / I. Elamvazuthi, S. Kamaruddin // International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering. - 2008. - Т. 9, №10. - С. 25-29.
10. Heistermann J., Lengauer T. The nesting problem in the leather manufacturing industry [Текст] / J. Heistermann, T. Lengauer // Annals of Operations Research. - 1995. - Т. 57, №1. - С. 147-173.
11. Yuping Z., Shouwei J., Chunli Z. A very fast simulated re-annealing algorithm for the leather nesting problem [Текст] / Z. Yuping, J. Shouwei, Z. Chunli // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. - 2005. - Т. 25, №11. - С. 1113-1118.
12. Crispin A., Clay P., Taylor G., Bayes T., Reedman D. Genetic algorithm coding methods for leather nesting [Текст] / A. Crispin, P. Clay, G. Taylor, T. Bayes, D. Reedman // Applied Intelligence. - 2005. - Т. 23, №1. - С. 9-20.
13. Alves C., Brás P., Valério de Carvalho J., Pinto T. New constructive algorithms for leather nesting in the automotive industry [Текст] / C. Alves, P. Brás, J. Valério de Carvalho, T. Pinto // Computers and Operations Research. - 2012. - Т. 39, №7. - С. 1487-1505.
14. Wäscher G., Haußner H., Schumann H. An improved typology of cutting and packing problems [Текст] / G. Wäscher, H. Haußner, H. Schumann // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. - 2007. - Т. 18, №3. - С. 1109-1130.

*У статті досліджується залежність потрібної потужності паркової гальмової позиції сортувальних гірок від зміни уклону стрілочної зони. Результати досліджень дозволяють потрібну потужність гальмових позицій спускної частини прийняти у якості критерію комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальної гірки*

*Ключові слова: потужність гальмових позицій, уклон стрілочної зон, комплексна оптимізація конструктивних параметрів*

*В статье исследуется зависимость необходимой мощности парковой тормозной позиции сортировочных горок от изменения уклона стрелочной зоны. Результаты исследований позволяют необходимую мощность тормозных позиций спускной части принять в качестве критерия комплексной оптимизации конструктивных параметров сортировочной горки*

*Ключевые слова: мощность тормозных позиций, уклон стрелочной зоны, комплексная оптимизация конструктивных параметров*

УДК 656.212.5

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОТРІБНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПАРКОВОЇ ГАЛЬМОВОЇ ПОЗИЦІЇ ВІД ЗМІНИ УКЛОНУ СТРІЛОЧНОЇ ЗОНИ

**М. Ю. Куценко**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра залізничних станцій та вузлів  
Українська державна академія залізничного  
транспорту  
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050  
E-mail: maksimus84@meta.ua

### 1. Вступ

Висота сортувального пристрою та значення уклонів його поздовжнього профілю суттєво впливають на потрібну потужність гальмових позицій та тривалість розпуску составів.

Враховуючи те, що за останні роки вагонопотік з переробкою зростає на 3-4% щорічно, то на найближчі 30 років питання підвищення переробної спроможності сортувальних пристроїв, від якої залежить тривалість розпуску составів, не є актуальним [1, 2].

Відомо, що від потрібної потужності гальмових позицій залежить необхідна кількість вагонних уповільнювачів на сортувальному пристрої, вартість яких коливається від 250000 до 1000000 грн відповідно до їх потужності [3]. Аналіз методики техніко-економічного порівняння варіантів конструкції та технічного оснащення сортувальних пристроїв, наведеної в [4], показує, що вартість вагонних уповільнювачів має найбільшу питому частку у експлуатаційних витратах, якими супроводжується сортувальний процес. Крім того, від потрібної потужності гальмових позицій залежать витрати на електроенергію для регулювання швидкості руху відцепів та витрати на технічне обслуговування уповільнювачів. Інші складові експлуатаційних витрат мають незначне відсоткове співвідношення до вищезгаданих чинників.

## 2. Аналіз останніх публікацій

Згідно з [4], мінімальна потужність гіркових гальмових засобів по маршруту скочування вагону від вершини гірки до першої розділової стрілки пучка визначається за наступною формулою

$$H_{\text{тсч}}^{\min} = H_r + h_0 - h_0^{\text{ДХ}} - h_{\text{пр}}, \quad (1)$$

де  $H_r$  – висота сортувальної гірки, м;

$h_0$  – питома енергія вагона, що відповідає прийнятій швидкості розпуску составу ( $V_0$ ) та що розраховується для дуже хорошого бігуна (ДХБ), кДж/кН;

$h_0^{\text{ДХ}}$  – питома енергія, що витрачається ДХБ при русі (за сприятливих для скочування вагона умов) на дільниці від вершини гірки до кінця останнього уповільнювача пучкової гальмової позиції, кДж/кН;

$h_{\text{пр}}$  – профільна висота дільниці від кінця останнього уповільнювача пучкової гальмової позиції до розрахункової точки, м.

Згідно з [5], потрібна розрахункова потужність паркової гальмової позиції (ПП) для гірок підвищеної, великої та середньої потужності (та гірок малої потужності з двома гальмовими позиціями на спускній частині гірки) встановлюється у ході оптимізаційних розрахунків за методикою, що розроблена в Дніпропетровському інституті інженерів транспорту. Сутність її полягає у наступному.

За несприятливих метеорологічних умов проводиться моделювання процесу скочування бігунів у розрахунковій сполуці, метою якого є перевірка умови розділення маршрутів скочування. Дуже поганий бігун (ДПБ) скочується без гальмування, а регулювання швидкості скочування ДХБ на гальмових позиціях спускної частини гірки виконується ітераційним способом за умови забезпечення рівних інтервалів на лімітуючих розділових елементах у сполуці ДПБ-ДХБ ( $\Delta t_0^{\text{ДПБ-ДХБ}}$ ) і ДХБ-ДПБ ( $\Delta t_0^{\text{ДХБ-ДПБ}}$ ). При виконанні цієї умови визначається потрібна потужність ПП, яка повинна забезпечувати зниження швидкості ДХБ до 1,4 м/с.

Проте, у [1] доведено, що такий режим регулювання спрямований на отримання найбільшого резерву інтервалу на вершині гірки за рахунок зменшення швидкості входу ДХБ на другу гальмову позицію (2 ГП) та збільшення на паркову з метою підвищення

переробної спроможності гірки. При цьому значна частина роботи по гальмуванню перекладається на ПП, що веде до збільшення кількості уповільнювачів. Тому, з метою максимального використання сумарної потужності гальмових позицій спускної частини, потрібну величину гальмування ДХБ на 2 ГП було запропоновано визначати виходячи з умови забезпечення нульового резерву інтервалу на останній розділовій стрілці у сполуці ДХБ-ДПБ, а на 1 ГП – з розрахунку забезпечення найбільшої швидкості входу на 2 ГП, але не більше максимально допустимої. Оскільки швидкість входу ДХБ на 2 ГП може бути обмежена через відсутність достатніх інтервалів на одному або декількох розділових елементах, що розташовані на дільниці від кінця 1 ГП до початку стрілочної зони, у сполуці ДПБ-ДХБ було запропоновано найбільшу швидкість входу ДХБ на 2 ГП визначати з умови забезпечення максимального інтервалу на обмежуючому елементі у вказаній сполуці. Потрібна потужність гальмових позицій розраховується для легкої та трудної колії.

Для проектування повинні прийматися більші з отриманих значень.

Отже, згідно формули (1), залежність потрібної потужності гальмових позицій спускної частини можна записати наступним чином

$$H_{\text{тсч}} = f(S_{\text{ВГ}}, I_1, I_1, I_2, I_2, \dots, I_m, I_m), \quad (2)$$

де  $S_{\text{ВГ}}$  – положення вершини гірки відносно першої розділової стрілки, м;

$m$  – число елементів профілю спускної частини;

$I_1, I_1, I_2, I_2, \dots, I_m, I_m$  – відповідно уклон, % та довжина елементів профілю спускної частини.

З іншого боку, згідно [1], витрати на гальмування ДХБ на ПП знаходяться у наступній залежності

$$h_{\text{ПП}} = f(S_{\text{ВГ}}, I_1, I_1, I_2, I_2, \dots, I_{n-1}, I_{n-1}, H_{T1}, H_{T2}, \dots, H_{Tk}), \quad (3)$$

де  $n$  – число елементів профілю від умовної вершини гірки до розрахункової точки;

$I_1, I_1, I_2, I_2, \dots, I_{n-1}, I_{n-1}$  – відповідно уклон, % та довжина першого елемента профілю, другого, ... та  $n-1$  (елемент профілю, на якому розташована ПП);

$H_{T1}, H_{T2}, \dots, H_{Tk}$  – потрібна величина гальмування ДХБ відповідно на першому, другому, ..., та  $k$ -му уповільнювачі, кДж/кН.

Оскільки для певної гірки положення її вершини відносно першої розділової стрілки та довжини елементів профілю є величинами постійними, а величина гальмування ДХБ уповільнювачами спускної частини залежить від величини її уклонів, можна зробити висновок, що в кінцевому випадку сумарна потрібна потужність уповільнювачів спускної частини і дільниці ПП (а, отже, і їх загальна кількість) залежить від уклонів дільниць від вершини гірки до кінця ПП, величина яких, в свою чергу, залежить від розрахованої висоти гірки.

Аналіз залежностей 2 та 3 свідчить, що потрібна потужність ПП, на відміну від потрібної потужності гальмових позицій спускної частини, крім уклонів елементів спускної частини (до кінця 2 ГП), залежить також і від уклонів стрілочної зони та дільниці ПП.

### 3. Мета статті

Метою даної статті є проведення дослідження залежності потрібної потужності ПГП від зміни уклону стрілочної зони.

### 4. Основна частина

Оскільки максимальна зміна профільної висоти ділянки ПГП від зміни її уклону (за умови довжини ділянки 18,75 м (при трьох уповільнювачах РНЗ-2)) може сягати лише 0,028 м, то досліджувати вплив зміни уклону цієї ділянки на потрібну потужність ПГП є недоцільно.

В ході дослідження уклон стрілочної зони (СЗ) змінювався від 2 до 1%. Верхня границя зміни обґрунтована згідно з рішенням Держадміністрації Укрзалізниці, в якому передбачається залишити на мережі залізниць України біля 25 сортувальних станцій з числом сортувальних колій біля 24 [2]. Для такої кількості колій, згідно з [5], уклон стрілочної зони повинен проектуватися саме від 1 до 2%. Результати імітаційного моделювання скочування бігунів у розрахунковій сполучі ДПБ-ДХБ-ДПБ представлені у вигляді графіків залежностей потрібної потужності ПГП від уклону стрілочної зони (рис. 1 – 2).

Аналіз кривих, що характеризують залежність потрібної величини гальмування ДХБ на ПГП від уклону СЗ показує, що при зміні уклону СЗ від 2 до 1% досягається зміна потрібної потужності ПГП в межах 1,9 - 5,8%.

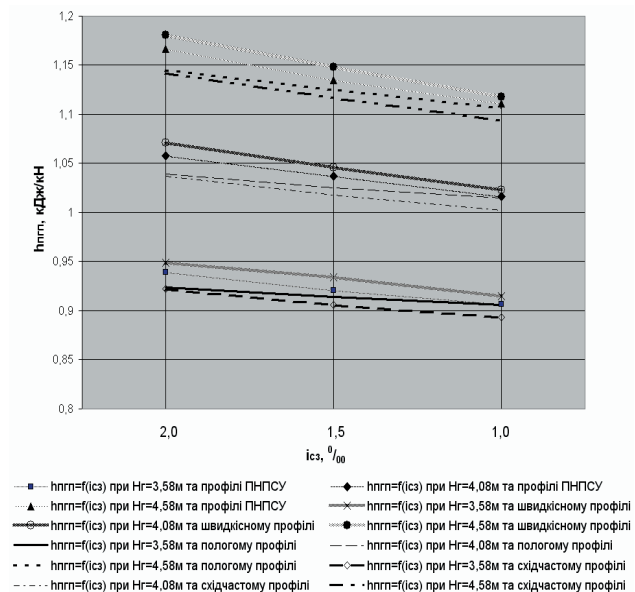


Рис. 1. Залежність потрібної потужності ПГП від уклону стрілочної зони при розташуванні 1 ГП до 1-ої розділової стрілки

Ця закономірність характерна для будь-якого типу профілю та конструктивного розташування 1 ГП відносно першої розділової стрілки. Крім того, висота сортувальної гірки прямо пропорційно впливає на величину залежності потрібної потужності ПГП від зміни уклону СЗ.

Автором також були проведені дослідження залежності величини швидкості РБ у розрахунковій точці від зміни уклону СЗ. Результати дослідження наведені на рис. 3 та 4.

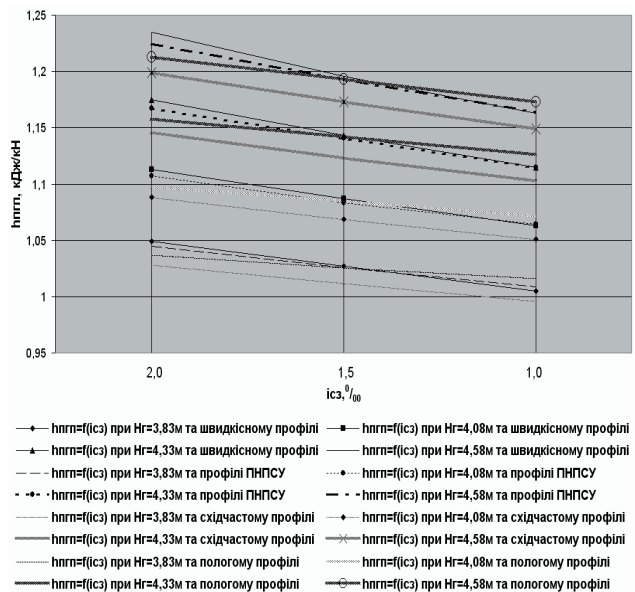


Рис. 2. Залежність потрібної потужності ПГП від уклону СЗ при розташуванні 1 ГП після 1-ої розділової стрілки

Враховуючи те, що кількість уповільнювачів на ПГП визначається її потрібною потужністю, після оптимізації необхідно проаналізувати можливість зменшення кількості уповільнювачів на цій позиції за рахунок зменшення уклону СЗ, з огляду на отримані результати визначеної вище залежності.

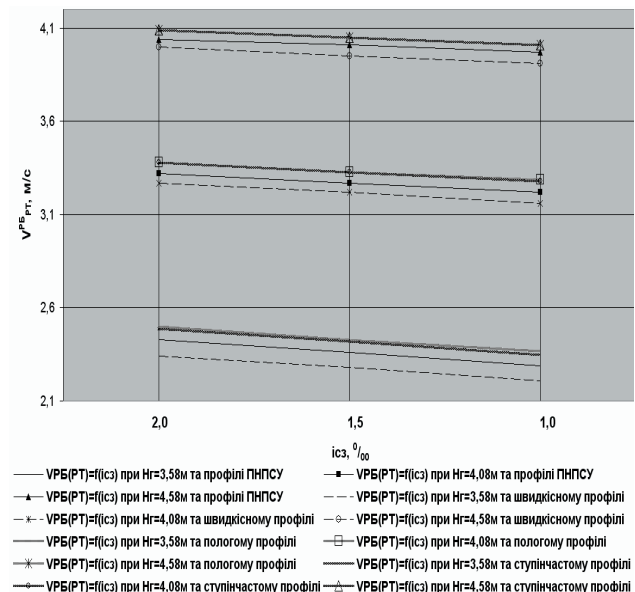


Рис. 3. Залежність швидкості РБ в розрахунковій точці від уклону СЗ при розташуванні 1 ГП після 1-ої розділової стрілки

Аналіз кривих, що характеризують залежність швидкості РБ в розрахунковій точці від уклону СЗ дає можливість зробити наступний висновок.

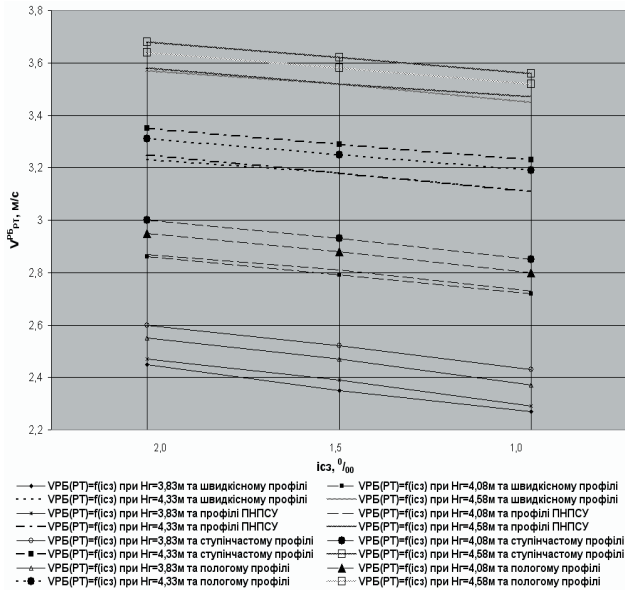


Рис. 4. Залежність швидкості РБ в розрахунковій точці від уклону СЗ при розташуванні 1 ГП після 1-ої розділової стрілки

Уклон СЗ доволі суттєво впливає на величину швидкості розрахункового бігуна (РБ) у розрахунковій точці (РТ) – до 7,3%. Це означає, що при одній і тій самій висоті гірки можливо досягти різну довжину пробігу РБ за рахунок зміни уклону СЗ.

Таким чином, при оптимізації конструктивних параметрів рекомендується в першому наближенні уклон СЗ прийняти максимальним (2%). Це змен-

шить профільну висоту дільниці від ВГ до початку СЗ, а отже і потрібну потужність гальмових засобів спускної частини. Крім того, це збільшить довжину пробігу розрахункового бігуна (РБ).

## 6. Висновки

Результати виконаних вище досліджень дають право стверджувати, що оскільки ступінь залежності потрібної потужності ПГП від зміни уклону стрілочної зони не дуже суттєвий, на відміну від швидкості розрахункового бігуна у розрахунковій точці, то задача комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв зводиться до пошуку їх чисельних значень, які забезпечать:

- докочування розрахункового бігуна до розрахункової точки в несприятливих метеорологічних умовах;
- допустиму швидкість входу ДХБ на 2 ГП при відключенні одного з уповільнювачів 2 ГП (для гірок з двома уповільнювачами на 1 ГП);
- вільне скочування ДПБ;
- мінімальну сумарну потрібну розрахункову потужність гальмових позицій спускної частини, а саме

$$H_{\text{тсч}} = f(S_{\text{ВГ}}, I_1, l_1, I_2, l_2, \dots, I_m, l_m) \rightarrow H_{\text{тсч}}^{\text{min}} \quad (4)$$

У зв'язку з цим потрібну розрахункову потужність гальмових позицій спускної частини пропонується прийняти у якості критерію комплексної оптимізації конструктивних параметрів сортувального пристрою.

## Література

1. Огарь, А. Н. Повышение ресурсосбережения и эффективности функционирования сортировочных горок при оптимизации продольного профиля [Текст]: дис. канд. техн. наук / А. Н. Огарь. – Харьков, 2002. – 194 с.
2. Крячко, В. І. Ресурсозберігаючі підходи до конструктивно-технологічних параметрів сортувальних станцій [Текст] / В. І. Крячко, К. В. Крячко, М. П. Носенко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2007. – №12. – С. 5–9.
3. Кобзев, В. А. Состояние и перспективы развития тормозной горочной техники [Текст] / В. А. Кобзев // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – №11. – С. 2–5.
4. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств [Текст] : производственно-практическое издание / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин и др. - М. : Транспорт, 1994. - 220 с.
5. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР [Текст] // ВСН 207 – 89 / МПС. - М.: Транспорт, 1992. – 104 с. – (Нормативное производственно-практическое издание).
6. Rahmstorf, S. Church Recent Climate Observations Compared to Projections [Текст] / Stefan Rahmstorf, Anny Cazenave, John A. // Science. – 2007. – V. 316. – P.709.
7. Gopner, M. Simulation of rolling unhook with hump [Текст] / Gopner M. // Rangiertechnik und Gleisanschlubtechnik. – 1987/19-88. – P.25-29.
8. Herbst, W. Should and Can the Productivity of.High-Performance Marshalling Yards be Further increased? [Текст] / Herbst W. // Rail international.–1989. – №11. – P.3-14.
9. Murphy, G. Similitude in engineering [Текст] / Murphy G. // The Ronald Press Company. – N.Y. – 1950.
10. Meuters, G. Modern car-retardants [Текст] / Meuters G. // Eisenbahningenieur. – 1997. – №2. – P.17-22.