УДК 656.212.5 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.162.2016.78427

МЕТОДОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРАЩОГО ВАРІАНТА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ВАГОНІВ

Магістранти С. І. Левандовський, О. М. Яцура, І. О. Мудрий

МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛУЧШЕГО ВАРИАНТА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СОРТИРОВКИ ВАГОНОВ

Магистранты С. И. Левандовский, О. М. Яцура, И. О. Мудрый

THE METHODOLOGY FOR DETERMINING THE BEST EMBODIMENT OF THE APPARATUS FOR SORTING CARS

Magistrands S. Levandovskyi, O. Yatsura, I. Mudryi

У статті розглянуто методологію комплексної оцінки конструкції сортувальних гірок із використанням адитивної функції, яка враховує приведені витрати на спорудження й експлуатацію сортувального пристрою та показники надійності його використання. Зазначений метод дає змогу визначити ефективний варіант переоснащення гальмових позицій діючих сортувальних гірок у межах здійснення комплексу завдань Укрзалізниці щодо забезпечення надійності сортувального процесу.

Ключові слова: *сортувальна гірка, надійність, ресурсозбереження, комплексна оцінка.*

В статье рассмотрена методология комплексной оценки конструкции сортировочных горок с использованием аддитивной функции, которая учитывает приведенные затраты на сооружение и эксплуатацию сортировочного устройства, а также показатели надежности его использования. Указанный метод позволяет определять эффективный вариант переоснащения тормозних позиций существующих сортировочных горок в рамках осуществления комплекса заданий Укрзализныци по обеспечению надежности сортировочного процесса.

Ключевые слова: *сортировочная горка, надежность, ресурсосбережение, комплексная оценка.*

In the article the methodology of a comprehensive assessment of the design of hump yards using an additive function that takes into account reduced costs for the construction and operation of the sorting device, and the reliability of its use. This method allows to determine effective retrofitting tormoznykh positions of existing hump yards in the implementation of complex tasks Railways to ensure the reliability of the sorting process.

Currently, Ukraine's economy is going through a crisis period: the rate of production decline, the volume of traffic in transport system (particularly rail transport) decreased two and more times. In this regard, the specialists of railway transport arose the problem of maintaining good and stable performance with absolute safety.

In this regard, current studies are aimed at conserving resources on sorting slides, while ensuring the reliability of their functioning. A separate impact on the efficiency and quality of functioning of the sorting devices makes them the design.

Existing methods of evaluation designs hump necks that exist, do not fully characterize the design solution or existing neckline.

The goal of this research is to increase the efficiency of the functioning of the sorting devices by improving the designs of hump yards. To select the most effective design requires a method of complex evaluation of the structures of hump yards given the reduced costs for the construction of the sorting device and the reliability of its use.

The method eliminates the main drawback of existing methods is the choice of the neck mainly at the level of processing capacity hump. Also, this method allows: to comprehensively determine the effective construction of hump taking into account the cost and reliability of the sorting device; to determine an effective option of retrofitting the brake position of existing hump yards within the implementation of the set objectives of the Railways to ensure the reliability of the sorting process.

It is established that by results of a comprehensive assessment of hump yards in the most efficient variant of the mechanization of the gravity hump in the use of new designs of neck hump is the equipment of the braking positions of the inhibitors of the new generation.

For new designs hump necks the value of the indicator of complex assessment is not less than 0,86, and the model is not higher than 0.81, which indicates the correctness of the proposed directions for improvement of the design parameters limit the development of screening devices.

Key words: *hump, reliability, resource saving, comprehensive assessment.*

Вступ. У теперішній час економіка України переживає кризовий період: темпи виробництва продукції знижуються, обсяги перевезень у транспортній системі (зокрема на залізничному транспорті) зменшились у два та більше рази. У зв’язку з цим перед фахівцями залізничного транспорту виникло завдання збереження нормального і стабільного функціонування галузі при безумовному забезпеченні безпеки руху [1-4].

Збільшення обсягів виробництва та перевезень у нашій країні в найближчі роки є досить складним питанням. У таких умовах роботи виникає одне з найважливіших завдань: забезпечити збереження ресурсів, що належать до перевізного процесу, зокрема на залізничному транспорті. Але ресурсозбереження повинно бути забезпечено не тільки завдяки випуску найбільш економічної продукції, а також і найбільш надійної у використанні, оскільки ненадійна продукція може призвести до виникнення транспортних подій, особливо при виконанні процесу формування составів поїздів на сортувальних пристроях.

У зв’язку із зазначеним актуальними є дослідження, що спрямовані на вирішення проблеми збереження ресурсів на сортувальних гірках (СГ) при забезпеченні надійності їх функціонування. Окремий вплив на ефективність і якість функціонування сортувальних пристроїв робить їх конструкція. Традиційні гіркові горловини, що використовуються на залізницях України, не є досконалими з позиції енерго- та ресурсозбереження. Тому у [5] авторами було запропоновано нові конструкції гіркових горловин, спускна частина яких обладнана малопотужними уповільнювачами на трьох та більше гальмових позиціях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі удосконалення конструкції та розрахункам параметрів гіркових горловин приділена значна увага у ряді праць таких відомих учених, як Абуладзе Л.В., Бессоненко С.А., Болотний В.Я., Вульфсон Б.Н., Данько М.І., Дашков М.Г., Івашкевич В.К., Карпов А.М., Луговцов М.Н., Негрей В.Я., Образцов В.М., Павлов В.Є, Савченко І.Є., Страковський І.І., Уздін М.М., Єфіменко Ю.І. та ін.

Наявні методи оцінки конструкцій гіркових горловин [6-8] не повною мірою характеризують проектне рішення або існуючу горловину.

Наукові підходи, що розроблені вищеназваними авторами здебільшого були спрямовані на підвищення переробної спроможності СГ, що обумовлювалось інтенсивним зростанням розмірів

сортувальної роботи. Спроби вчених визначити властивості надійності гіркової горловини не набули широкого розповсюдження, оскільки дослідження не були спрямовані на існуючі стандарти. Комплексно конструкції гіркових горловин з позиції забезпечення ресурсозбереження та надійності функціонування СГ не розглядалися.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою цих досліджень є підвищення ефективності функціонування сортувальних пристроїв шляхом удосконалення конструкцій сортувальних гірок. Для вибору найбільш ефективної її конструкції необхідно мати методику комплексної оцінки конструкцій сортувальних гірок з урахуванням приведених витрат на спорудження сортувального пристрою та показників надійності його використання.

Основна частина дослідження. Надійність – це властивість виробу (системи) зберігати у встановлених межах часу значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання, транспортування та інших дій.

У залежності від виду виробу, його призначення та умов експлуатації надійність може оцінюватися тільки частиною складових його властивостей.

Відчепи скочуються від вершини гірки до розрахункової точки під дією сили тяжіння зі швидкістю, яка ніколи не перевищує максимально допустиму по стрілочних переводах та коліях спускної частини. Технічний стан колій, стрілочних переводів, рухомого складу в основному залежить від своєчасного виконання планово-попереджувальних ремонтів. Швидкість входу відчепів на вагонні уповільнювачі не повинна перевищувати допустиму, що враховується при моделюванні їх скочування. З конструктивної точки зору значно впливає на процес розформування составів робота вагонних уповільнювачів, оскільки їх несправність призводить до помилок у реалізації заданих режимів розпуску, що може спричинити схід і пошкодження рухомого складу та вантажу.

При визначенні показників надійності гіркової горловини за основу взято тип та число вагонних уповільнювачів по маршруту скочування відчепів, структуру їх розташування на спускній частині СГ [8].

Ураховуючи зазначене, розглянемо термін «надійність гіркової горловини». Надійність гіркової горловини – це властивість конструкції колійного розвитку спускної частини СГ зберігати у встановлених межах часу значення всіх параметрів, що залежать від здатності засобів для гальмування вагонів при певному розташуванні та кількості виконувати необхідні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів та інших дій.

Надійність гіркової горловини визначають за такими властивостями: безвідмовність, ремонтопридатність та довговічність. Одним з основних термінів, що характеризують надійність, є відмова. Відмова – подія, після якої об’єкт або його частина перестає виконувати (цілком або частково) свої функції [9, 10]. Безвідмовність характеризується ймовірністю відмов вагонних уповільнювачів $Q(t)$; ремонтопридатність – імовірністю їх відновлення P_B; довговічність – середнім терміном їх служби $T_{СЛ}$.

Гіркову горловину розглянуто як технічну систему. Зазначена технічна система характеризується множиною параметрів, серед яких виділено деякі, а саме {П}: гіркова горловина = {$П_1$ – вартість; $П_2$ – відмови, $П_3$ – відновлення, $П_4$ – термін служби вагонних уповільнювачів}. Кожен із цих параметрів може бути вимірюваним, тобто на кожному із параметрів можна задати додатну *адитивну* функцію [11, 12].

У цьому випадку: на множині вартісних параметрів такою функцією вибрано величину приведених витрат $E_{ПР}$; на множині відмов вагонних уповільнювачів – імовірність їх відмов $Q(t)$; на множині їх відновлення – імовірність відновлення P_B; на множині терміну служби вагонних уповільнювачів – середній термін служби $T_{СЛ}$, при цьому слід записати: $E_{ПР}=E_{ПР}(П_1)$, $Q(t)=Q(П_2)$, $P_B=P_B(П_3)$, $T_{СЛ}=T_{СЛ}(П_4)$.

Для оцінки гіркової горловини в цілому запропоновано показник комплексної оцінки G, який є адитивною функцією по кожному із її аргументів

$$\begin{aligned} G &= f\left(E_{ПР}, Q(t), P_B, T_{СЛ}\right) = \\ &= f\left(E_{ПР}(П_1), Q(П_2), P_B(П_3), T_{СЛ}(П_4)\right) = \\ &= f\left(П_1, П_2, П_3, П_4\right). \end{aligned} \tag{1}$$

Отже, функція G є числовою функцією, заданою на прямому добутку множин: параметрів $П_1 \times П_2 \times П_3 \times П_4$, додатною та адитивною по кожному із параметрів.

Позначено: Z_1 – значення функції $E_{ПР}(П_1)$, Z_2 – значення функції $Q(П_2)$, Z_3 – значення функції $P_B(П_3)$, Z_4 – значення функції $T_{СЛ}(П_4)$. Для зручності роботи з введеною вище функцією G нормовано кожну множину показників. Для кожного з чотирьох показників Z_i (i=1, 4) визначено точні верхню (*supremum*) та нижню (*infimum*) межі показників. Далі позначено: через Z_i^* – точна верхня межа i-го показника, при цьому записано $Z_i^* = \sup Z_i$, а через Z_i^0 – точна нижня межа i-го показника з відповідним позначенням $Z_i^0 = \inf Z_i$ (i=1, 4).

Потім для кожного з показників визначено позитивний напрямок. Для показників Z_1, Z_2 позитивний напрямок визначено від більшого до меншого, а для показників Z_3, Z_4 – від меншого до більшого. Позитивний напрямок визначається з метою, щоб кращій горловині відповідало більше значення G.

На підставі визначеного позитивного напрямку для кожного з показників Z_i визначено монотонно зростаючу функцію.

Тепер комплексна адитивна функція гіркової горловини має вигляд:

$$G = \sum_{i=1}^{4} a_i \cdot Z_i^{/}, \tag{2}$$

де a_i – ваговий коефіцієнт, що враховує значущість (вагу) відповідного показника при визначенні G. Вагові коефіцієнти $a_i > 0$, а їх сума складає 1;

$Z_i^{/}$ – монотонно зростаюча додатна адитивна функція, що набуває значення від 0 до 1.

В цій роботі $Z_i^{/}$ визначено за формулою

$$\begin{aligned} &Z_1^{/} = \frac{\sup E_{ПР} - E_{ПР}}{\sup E_{ПР} - \inf E_{ПР}}; Z_2^{/} = \frac{\sup Q(t) - Q(t)}{\sup Q(t) - \inf Q(t)}; \\ &Z_3^{/} = \frac{P_B}{\sup P_B - \inf P_B}; Z_4^{/} = \frac{T_{СЛ}}{\sup T_{СЛ} - \inf T_{СЛ}}. \end{aligned} \tag{3}$$

Ураховуючи зазначене, показник комплексної оцінки конструкції гіркової горловини буде мати вигляд:

$$G = a_1 \cdot Z_1^{/} + a_2 \cdot Z_2^{/} + a_3 \cdot Z_3^{/} + a_4 \cdot Z_4^{/}. \quad (4)$$

Вагові коефіцієнти a_i знайдено за допомогою методу експертних оцінок.

Таким чином, після знаходження вагових коефіцієнтів формула для розрахунку G буде у вигляді:

$$G = 0{,}320 \cdot Z_1^{/} + 0{,}275 \cdot Z_2^{/} + 0{,}195 \cdot Z_3^{/} + 0{,}210 \cdot Z_4^{/}. \quad (5)$$

Отже, показник комплексної оцінки G є адитивною функцією по кожному із її параметрів Π_i.

Використовуючи розроблений метод оцінки конструкцій гіркових горловин, проведено порівняння запропонованих їх конструкцій з типовою. Результати зазначено в таблицю, з якої видно, що показник комплексної оцінки G для нових конструкцій гіркових горловин перевищує його значення при порівнянні з типовою конструкцією. Таким чином, є доцільність застосовувати нові конструкції гіркових горловин при певних вихідних даних.

Таблиця

Оцінка гіркових горловин за показником комплексної оцінки

Гіркова горловина	Тип вагонних уповільнювачів				
	РНЗ-2	РНЗ-2М	ЗВУ-07	НК-114 (УВУ-07)	КВ-3 (ВНУ-2)
1	0,86	0,93	0,97	-	-
2	0,90	0,89	0,93	-	-
3	0,89	0,87	0,92	-	-
4 (типова)	-	-	-	0,79	0,81

Примітка. У дужках указаний тип вагонних уповільнювачів на парковій гальмовій позиції.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Розглянута методика ліквідує основний недолік існуючих методів – вибір горловини в основному за рівнем переробної спроможності СГ. Також цей метод дає змогу:

1) комплексно визначати ефективну конструкцію сортувальної гірки з урахуванням приведених витрат та надійності функціонування сортувальних пристроїв;

2) визначити ефективний варіант переоснащення гальмових позицій діючих сортувальних гірок у межах здійснення комплексу завдань Укрзалізниці щодо забезпечення надійності сортувального процесу.

Установлено, що за результатами комплексної оцінки сортувальних гірок найбільш ефективним варіантом

механізації СГ при застосуванні нових конструкцій гіркових горловин є обладнання гальмових позицій уповільнювачами нового покоління, зокрема ЗВУ-07.

Для нових конструкцій гіркових горловин значення показника комплексної оцінки становить не менше 0,86, а для типової – не більше 0,81, що свідчить про правильність запропонованого напрямку удосконалення конструктивних параметрів колійного розвитку сортувальних пристроїв.

Список використаних джерел

1. Розсоха, О. В. Аналіз функціонування систем управління безпекою руху поїздів на залізницях країн Євросоюзу [Текст] / О. В. Розсоха, Ю. В. Смачило // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – Вип. 151. – С. 4–11.

2. Функционирование систем управления безопасностью движения на железных дорогах Украины и России [Текст] / А. Н. Огарь, Ю. О. Пазойский, А. В. Розсоха, [и др.] // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 156. – С. 18–28.

3. Zhi-Chun Li, William H.K. Lam, S.C. Wong, A. Sumalee. Design of a rail transit line for profit maximization in a linear transportation corridor. [Text] / Zhi-Chun Li, William H.K. Lam, S.C. Wong, A. Sumalee // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. Select Papers from the 19th International Symposium on Transportation and Traffic Theory. – Elsevier Ltd, 2012. – Volume 48. – P. 50-70. – Режим доступу до ресурсу: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554511000627.

4. Zoran Ž. Avramović. Method for evaluating the strength of retarding steps on a marshalling yard hump. [Text] / Zoran Ž. Avramović // European Journal of Operational Research. – Elsevier Ltd, 1995. – Volume 85, Issue 3. – P. 504-514. – Режим доступу до ресурсу: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221792001299.

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

6. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування [Текст] : ГБН В.2.3-37472062-1:2012 : затв. Міністерством інфраструктури України 17.01.2013 : замість ВСН 207-89/МПС СССР : чинні від 01.03.2013. − К. [б. в.], 2012. – 112 с.

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

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

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

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

11. Попов, Г.В. Выбор решений и безопасность [Текст] : учеб. пособие / Г.В. Попов. – Иваново : Иван. гос. энерг. ун-т, 2003. – 92 с.

12. Смирнов, Э.А. Разработка управленческих решений [Текст] / Э.А. Смирнов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 180 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор Є. С. Альошинський

Левандовський Сергій Ігорович, магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: s4749@yandex.ru.
Яцура Олег Михайлович, магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: s4749@yandex.ru.
Мудрий Ігнат Олегович, магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: s4749@yandex.ru.

Levandovskyi Serhii, magistrand of Chair «Railway Stations and Junctions», Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42. s4749@yandex.ru.
Yatsura Oleh, magistrand of Chair «Railway Stations and Junctions», Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42. s4749@yandex.ru.
Mudryi Ihnat, magistrand of Chair «Railway Stations and Junctions», Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42. s4749@yandex.ru.

Стаття прийнята 22.06.2016 р.