

УДК 656.212.5

*Канд. техн. наук О.В. Розсоха,  
канд. техн. наук М.Ю. Куценко,  
Р.С. Лакурін, А.М. Тумачек*

## **ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ СТРУКТУР ГІРКОВИХ ГОРЛОВИН ДВОСТОРОННЬОЇ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ**

*Представив д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський*

**Вступ.** Підвищення ефективності функціонування засобів транспорту за рахунок зменшення паливно-енергетичних

та інших видів ресурсів при забезпеченні необхідного рівня надійності є однією із актуальних задач залізничного транспорту

України, про що відображено в основних положеннях Транспортної стратегії України на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. №2174-Р). Ефективність функціонування залізниць України значно залежить від функціонування сортувальних станцій, на переробну спроможність яких вагомо впливає конструкція сортувальних гірок (СГ). У [1, 2] авторами виявлено ряд певних недоліків та визначено підходи з удосконалення конструктивних параметрів СГ в умовах експлуатації залізниць України.

**Постановка проблеми.** Враховуючи зазначене, актуальними є дослідження, спрямовані на підвищення ресурсозбереження СГ та підвищення надійності їх функціонування. Одним із напрямків зазначених досліджень є оцінка надійності сортувальних пристроїв.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Значний внесок у побудову теорії проектування сортувальних пристроїв зробили такі вчені, як: Л.В. Абуладзе, Є.В. Архангельський, К.С. Ахвердієв, С.А. Бессоненко, В.І. Бобровський, В.Я. Болотний, Т.В. Бутько, Б.Н. Вульфсон, М.І. Данько, А.М. Карпов, М.Г. Дашков, О.М. Долаберідзе, Ю.І. Єфіменко, І.В. Жуковицький, В.К. Івашкевич, Д.М. Козаченко, Б.О. Кривошей, М.Н. Луговцов, О.М. Огар, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, В.М. Образцов, В.Є. Павлов, О.С. Писанко, М.М. Уздін, М.В. Правдін, М.О. Рогінський, І.Є. Савченко, І.І. Страковський та ін.

Наукові підходи стосовно розрахунку параметрів гіркових горловин через інтенсивне зростання обсягів сортувальної роботи в основному були спрямовані на підвищення рівня переробної спроможності сортувального пристрою. Проектування СГ з урахуванням ресурсозберігаючого підходу майже не розглядалось [3].

**Формулювання мети (постановка завдання).** Метою даних досліджень є

підвищення ефективності сортувального процесу при удосконаленні конструкцій гіркових горловин. Для вибору найбільш ефективної структури горловини авторами запропоновано метод комплексної оцінки з урахуванням витрат на спорудження СГ та показників надійності її функціонування [4-6], визначенню яких присвячені дослідження в даній роботі. Для досягнення мети необхідно, як приклад, виконати оцінку показників надійності СГ двосторонньої сортувальної станції Ясинувата.

**Оцінка показників надійності структур гіркових горловин.** При визначенні властивостей надійності конструкцій гірок кожної із сортувальних систем зазначеної станції враховано тип, число та структуру розташування вагонних уповільнювачів при скочуванні вагонів від вершини гірки до розрахункової точки [7, 8].

Для визначення показників надійності СГ використано схему з'єднання вагонних уповільнювачів у загальному вигляді (рис. 1), яку можна застосувати для будь якої СГГ.

Гіркові горловини, що беруться до розгляду, зображено на рис. 2, 3.

Розпуск состава виконується на всі колії сортувального парку. Розрахунок показників надійності СГГ виконано як для відновлюваної системи. Система з прямим пріоритетом обслуговування, тобто при відмові однієї із підсистем ремонтна бригада негайно приступає до її відновлення. Оскільки на мережі залізниць України на кожній СГ працює одна бригада робітників господарства сигналізації та зв'язку, що обслуговують вагонні уповільнювачі, то відновлення для системи є обмеженим.

Остаточні формули для визначення інтенсивностей відмов  $\lambda$  та відновлення  $\mu$  підсистем, імовірностей безвідмовної роботи та відновлення СГГ виведено та наведено у [7, 8].

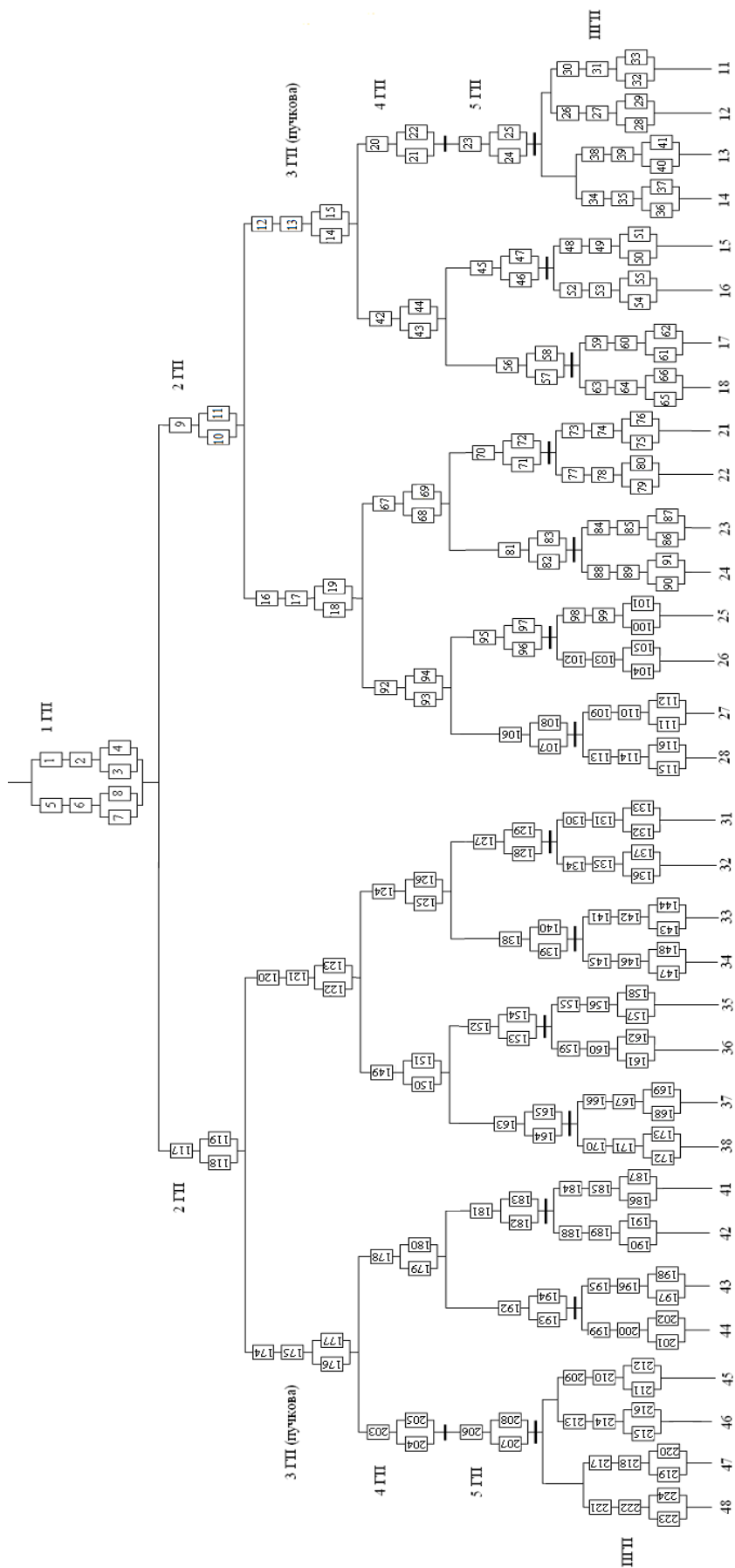


Рис. 1. Загальна схема з'єднання вагонних уповільнювачів для оцінки показників надійності СГГ

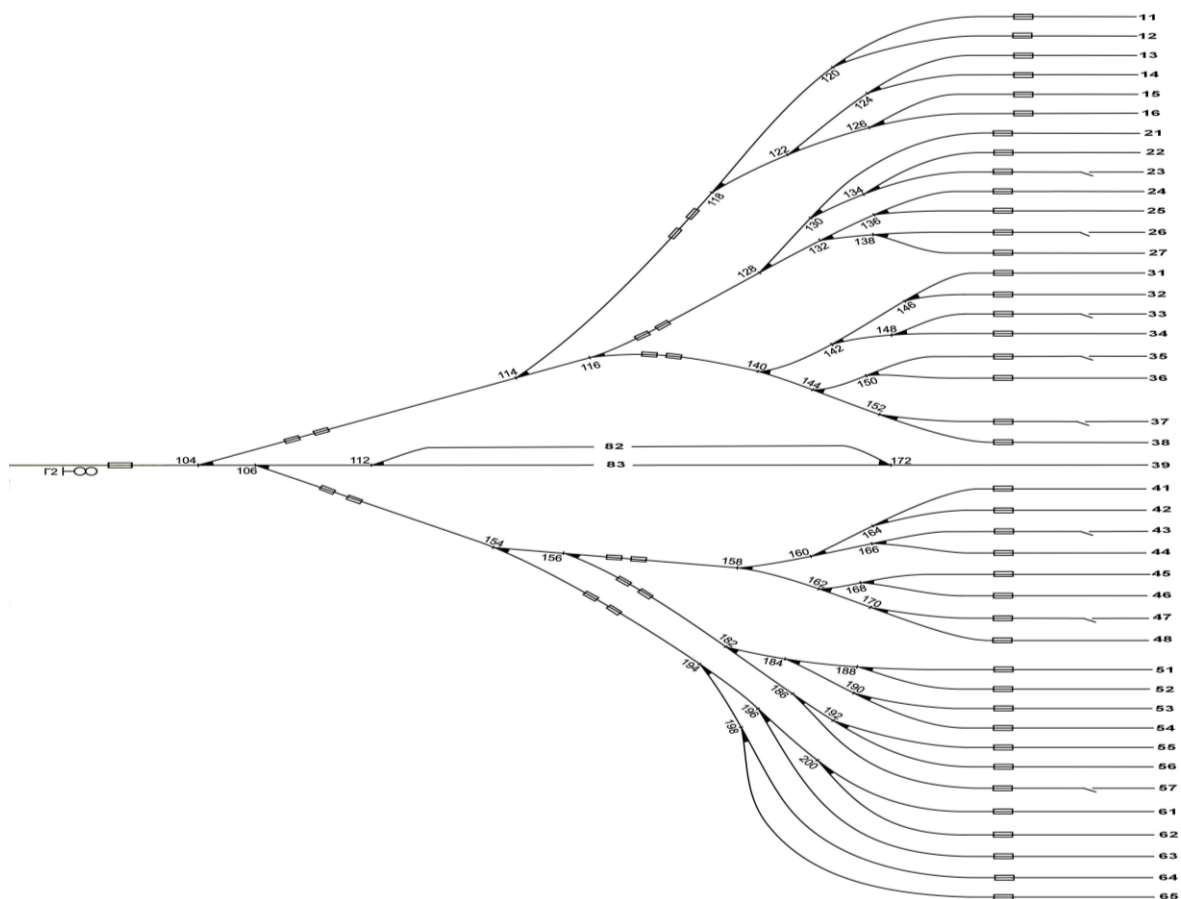


Рис. 2. Схема гіркової горловини Східної сортувальної системи

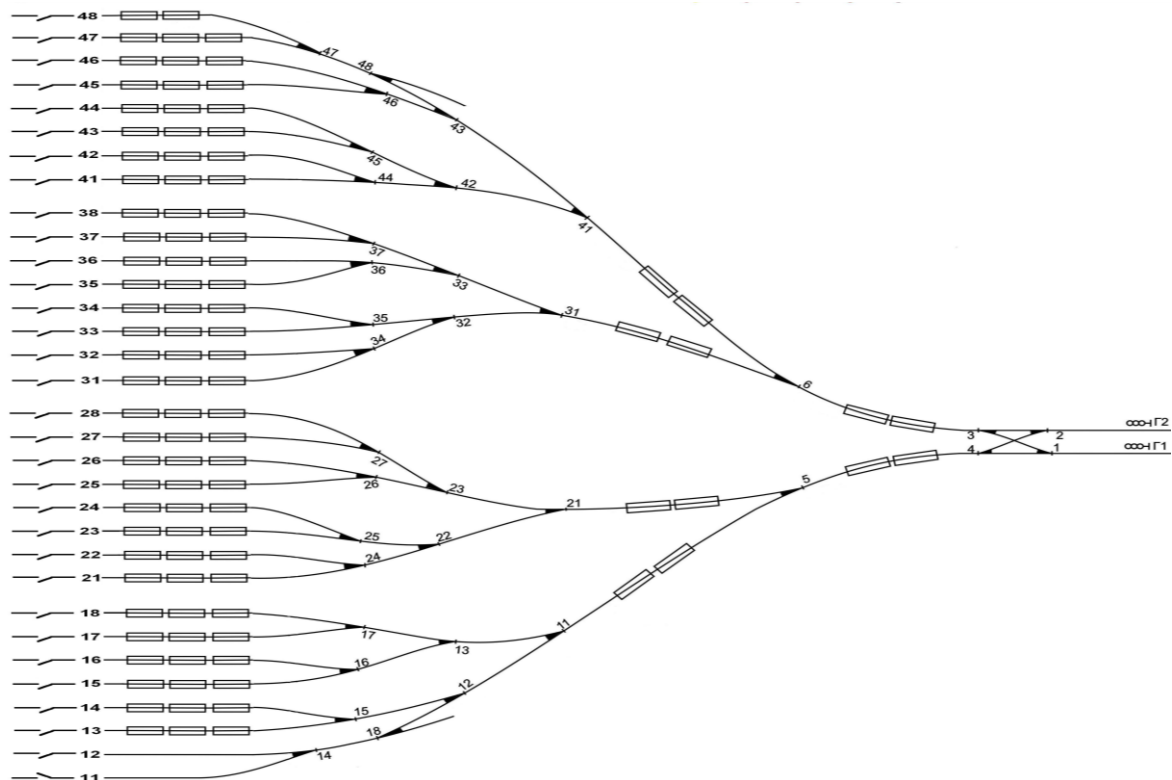


Рис. 3. Схема гіркової горловини Західної сортувальної системи

При розрахунках враховується число вагонних уповільнювачів на гальмових позиціях спускної частини СГ та паркової гальмової позиції, при чому слід правильно визначити місце уповільнювачів на рис.1 з урахуванням резервування.

При розрахунках виділено ряд підсистем, схему з'єднання яких наведено на рис. 4. Вони складаються з певного числа вагонних уповільнювачів. Підсистеми 1 та 3 з'єднані за схемою навантаженого резерву, послідовно до яких з'єднана підсистема 2.

Виділено основні стани системи, в яких вона може перебувати: 0 – підсистеми 1-3 працездатні; 1 – підсистема 1 або 3 непрацездатна; 2 – підсистема 2 непрацездатна; 3 – підсистеми 1 та 3 непрацездатні; 4 – підсистема 2 непрацездатна після відмови підсистем 1 та 3.

При розрахунку показників надійності СГГ використано метод диференціальних рівнянь, який враховує, що тривалість між відмовами підкоряється експоненційному розподілу.

Граф станів системи подано на рис. 5.

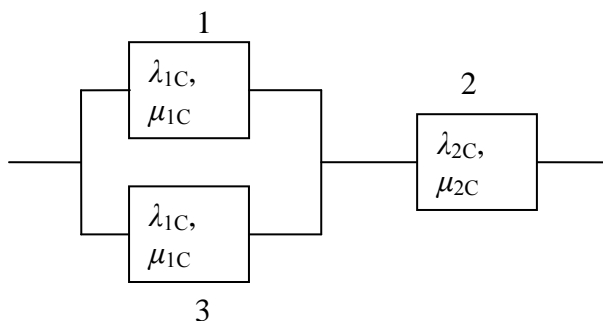


Рис. 4. Логічна схема для визначення показників надійності СГГ

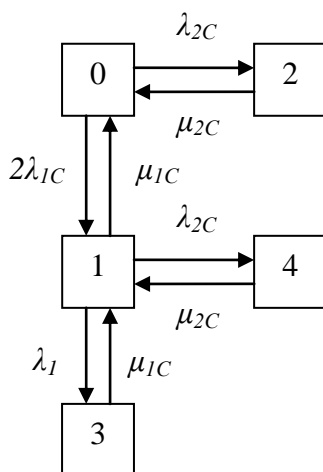


Рис. 5. Граф станів системи

Для оцінки показників надійності СГГ складено та розв'язано систему диференціальних рівнянь для імовірностей станів системи, працездатними з яких є 0 та 1, непрацездатними – 2, 3 та 4. Імовірність безвідмовної роботи СГГ буде складати

суму імовірностей станів 0 та 1:  
 $P(t) = P_0(t) + P_1(t)$ .

Система диференціальних рівнянь, що відповідає працездатним станам системи, представляє математичну модель функціонування системи

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -(2\lambda_{1C} + \lambda_{2C})P_0(t) + \mu_{1C}P_1(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = 2\lambda_{1C}P_0(t) - (\lambda_{1C} + \lambda_{2C} + \mu_{1C})P_1(t). \end{cases}$$

Імовірність безвідмовної роботи СГГ знаходиться за формулами:

$$P(t) = \frac{(S_1 + A)}{(S_1 - S_2)} \cdot e^{S_1 t} + \frac{(S_2 + A)}{(S_2 - S_1)} \cdot e^{S_2 t},$$

де  $A = 3\lambda_{1C} + \lambda_{2C} + \mu_{1C}$ ;  $B = 3\lambda_{1C} + 2\lambda_{2C} + \mu_{1C}$ ;  $C = (2\lambda_{1C} + \lambda_{2C}) \cdot (\lambda_{1C} + \lambda_{2C}) + \lambda_{2C}\mu_{1C}$ ;  
 $s_{1,2} = 0,5 \left( -B \pm \sqrt{B^2 - 4C} \right)$

Похідна по часу імовірності безвідмовної роботи СГГ визначається

$$P'(t) = \frac{(A + S_1)}{(S_1 - S_2)} \cdot S_1 \cdot e^{S_1 t} + \frac{(A + S_2)}{(S_2 - S_1)} \cdot S_2 \cdot e^{S_2 t}.$$

Використовуючи граф станів системи, середня тривалість відновлення СГГ знаходиться за формулою

$$T_B = \frac{2\lambda_{1C}^2\mu_{2C} + \mu_{1C}(2\lambda_{1C}\lambda_{2C} + \lambda_{2C}\mu_{1C})}{\mu_{1C}\mu_{2C}(2\lambda_{1C}^2 + 2\lambda_{1C}\lambda_{2C} + \lambda_{2C}\mu_{1C})}.$$

Імовірність відновлення СГГ знаходиться за формулами

$$P_B = e^{F \cdot T_B};$$

$$F = \frac{\frac{(S_1 + A)}{(S_1 - S_2)} \cdot S_1 \cdot e^{S_1 t} + \frac{(S_2 + A)}{(S_2 - S_1)} \cdot S_2 \cdot e^{S_2 t}}{\frac{(S_1 + A)}{(S_1 - S_2)} \cdot e^{S_1 t} + \frac{(S_2 + A)}{(S_2 - S_1)} \cdot e^{S_2 t}}.$$

При проведенні оцінки показників надійності СГГ використано пакет прикладних програм MATLAB. Закони розподілу випадкової величини (імовірність

безвідмовної роботи СГГ) для гіркових горловин сортувальних систем такі:

1) для західної системи

$$P(t) = 1.0000000238 \cdot \exp(-0.8802576659 \cdot e^{-4 \cdot t}) - 0.2389047306 \cdot e^{-7 \cdot \exp(-1.5390525522 \cdot t)};$$

2) для східної системи  
 $P(t) = 1.0000003383 \cdot \exp(-0.1872027401 \cdot e^{-3 \cdot t}) - 0.3383223809 \cdot e^{-6 \cdot \exp(-1.0014219252 \cdot t)}$

**Висновки.** З урахуванням діючих стандартів стосовно розрахунку показників

надійності отримано оцінку показників надійності СГГ сортувальної станції, що розглядається.

Результати досліджень при  $t=240$  год наведено в таблиці.

Таблиця

Результати визначення показників надійності СГГ

Горловина	Імовірність безвідмовної роботи СГГ $P(t)$	Імовірність відновлення СГГ $P_B$
Східна	0,956066	0,999812
Західна	0,979095	0,999942

Імовірність безвідмовної роботи систем (СГГ) перебуває в межах 0,95÷0,98. Високі значення цього показника пояснюються використанням на спускній частині сучасних вагонних уповільнювачів НК-114, КЗ-5 та ЗВУ, які мають високі показники надійності у порівнянні із уповільнювачами колишнього СРСР (КВ-3, КНП-5 та ін.). На показники надійності СГГ значно впливають тип вагонних уповільнювачів та структура їх розташування. Слід зазначити, що західна СГГ має менше значення цього показника, ніж для східної горловини. Це пояснюється тим, що у СГГ західної системи тільки одна

колія насуву та по одному вагонному уповільнювачу на парковій гальмовій позиції, що призводить до зменшення резервування системи.

Імовірність відновлення СГГ у всіх випадках становить більше 99 %, що свідчить про високу їх ремонтпридатність при застосуванні різних типів вагонних уповільнювачів, що позитивно впливає на ефективність функціонування сортувального процесу.

Таким чином, отримані результати дають можливість подальшого дослідження у питаннях удосконалення СГГ двосторонньої сортувальної станції.

### *Список літератури*

1. Огар, О.М. Аналіз і особливості конструкції гіркових горловин вітчизняних сортувальних пристроїв [Текст] / О.М. Огар, О.В. Розсоха, С.М. Светличний // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ. — 2007. – Вип. 85. – С. 57–64.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Огар, О.М. Розвиток теорії та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / О.М. Огар; [Українська державна академія залізничного транспорту]. – Харків, 2011. – 40 с.

6. Розсоха, О.В. Підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом удосконалення структур їх горловин [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / О.В. Розсоха; [Українська державна академія залізничного транспорту]. – Харків, 2010. – 20 с.

7. Огар, О.М. Визначення інтенсивностей відмов та відновлення підсистем сортувальної гірки [Текст] / О.М. Огар, О.В. Розсоха, О.М. Костенніков // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2012. — № 3. — С. 3-12.

8. Розсоха, О.В. Оцінка надійності сортувальної гірки в залежності від структури її колійного розвитку [Текст] / О.В. Розсоха // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 53-60.

**Ключові слова:** сортувальна гірка, гіркова горловина, надійність.

### *Анотації*

Проведено оцінку показників надійності структури колійного розвитку сортувальних гірок двосторонньої сортувальної станції. Конструкція сортувальних гірок представлена у вигляді відновлюваних системи з окремими підсистемами. Отримано певні висновки для подальшого удосконалення структур горловин з позиції ресурсозбереження.

Проведена оцінка показателів надійності структури путевого розвитку сортировочних горок двосторонньої сортировочної станції. Конструкція сортировочних горок представлена в виде восстанавливаемых систем с отдельными подсистемами. Получены определенные выводы для дальнейшего усовершенствования структур горловин с позиции ресурсосбережения.

The estimation of reliability of structured gridiron marshalling humps bilateral yard. The design of marshalling humps represented as renewable systems with separate subsystems. Obtained some conclusions for the further improvement of structures necks position resource.