

УДК 656.4.001.573

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.152.2015.64944>

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ДО УМОВ  
ЗАЛІЗОРУДНОГО КОМБІНАТУ**

**К-т техн. наук Я.В. Запара, магістрант В.О. Гарбузов**

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ К  
УСЛОВИЯМ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОМБИНАТА**

**К-т техн. наук Я.В. Запара, магистрант В.О. Гарбузов**

**TECHNOLOGY DEVELOPMENT MODEL WORK CONDITIONS ACCESS ROADS TO  
IRON ORE**

**Cand. of techn. sciences Y. Zapara, master student V. Garbuzov**

*Проведено аналіз роботи залізорудного комбінату за останні роки. Виявлені значні невиконання показників, зокрема простою вагона під вантажними операціями та використання маневрових засобів. На основі конфігурації під'їзних колій та станцій примикання побудовано модель роботи підприємства, що дозволило отримати графік середніх чисельностей вагонів на елементах та їх взаємозв'язки в межах розглянутої системи.*

**Ключові слова:** модель, залізорудний комбінат, під'їзна колія, рухомий склад, обіг вагона, диференціальне рівняння.

*Произведён анализ работы железорудного комбината за последние годы. Выявлены значительные невыполнения показателей, в частности простоя вагона под грузовыми операциями и использования маневровых средств. На основании конфигурации подъездных путей и станций примыкания построена модель работы предприятия, которая позволила получить график средних численностей вагонов на элементах и их взаимосвязи в пределах рассматриваемой системы.*

**Ключевые слова:** модель, железорудный комбинат, подъездной путь, подвижной состав, оборот вагона, дифференциальное уравнение.

*The analysis of iron ore cargo in recent years. Found out considerable non-fulfillment of high-quality indexes, in particular to the outage of carriage under freight operations. The reasons for failure is that most long does withdrawal mode of loading stations, cars sometimes used as warehouses on wheels or when shortages own rolling stock used for internal movement of goods. For the dynamic estimation of the states of carriages at the station of joining and contiguity access roads combine the method of dynamics of average. Based on the location of access roads and stations abutment built model of the company, which allowed us to obtain a graph the average number of cars on the elements and their relationships within examined system. The approaches should be used to improve technology and work stations abutment access roads iron ore to reduce downtime local car.*

**Keywords:** model, iron ore, driveway, rolling stock, turn the car, differential equation.

**1. Вступ.**

Для залізниці робота залізорудних комбінатів завжди була важливою. На цих підприємствах зароджуються значні

вантажопотоки. Лише за 2014 рік на ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» було відвантажено понад 80 тисяч вагонів продукції. Зважаючи на великий обсяг

відвантаження, потужності комбінату використовуються далеко не в повній мірі. Так, використання маневрових засобів становить 40-50 %, що є низьким показником.

### **2. Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.**

Перед залізницями України на сьогодні стоїть задача ефективного використання рухомого складу, виходячи з великої зношеності цього фонду, яка місцями досягає 90 %. Підвищення терміну експлуатації та якості використання рухомого складу є запорукою стабільної роботи залізниць. Зокрема відчутний дефіцит піввагонів, якими забезпечується понад 65% перевезень масових вантажів. До найважливіших якісних показників роботи залізниць відноситься обіг вагона, елементом якого є простій вантажного вагона на підприємстві, де здійснюються вантажні операції. На шахтах залізничного комбінату, що досліджується, цей показник не виконується (в деяких випадках у 3 рази і більше). Так, у 2013 році по шахті Родіна станції примикання Шмаково вантажний вагон в середньому перебував 34,8 годин на підприємстві при заданому плані у 10,6 годин.

Проведений аналіз обігу вагона вказує на неналежне використання вагонів залізниць на під'їзних коліях підприємств, особливо вугільних та металургійних, де інколи час їх знаходження перевищує задані показники у кілька разів. Як правило, найбільше часу займає очікування забирання із станції навантаження, інколи вагони використовують як склади на колесах або ж, при недостатці власного рухомого складу, використовують для внутрішнього переміщення вантажів.

Придніпровська залізниця є потужним центром зосередження металургійної промисловості в Україні, де сконцентрована значна частина вантажоутворюючих підприємств і удосконалення технології роботи під'їзних колій та станцій примикання на основі сучасних підходів дозволить отримати суттєвий ефект.

### **3. Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Питанням покращення взаємодії залізничних станцій з під'їзними коліями підприємств присвячено багато робіт і публікацій відомих вчених України та зарубіжжя. В різні часи розроблені наукові підходи та моделі щодо ефективного функціонування під'їзних колій, більшість з яких направлена на раціональне використання рухомого складу та маневрових засобів [1-5]. Слід відзначити напрацювання останніх років, серед них вчені та практики Запара В.М., Данько М.І., Котенко А.М., Ковальов А.О., Ломотько Д.В., Кулешов В.В., Чеклов В.Ф. та ін. [6-9].

Аналіз публікацій вказує на широкий спектр підходів щодо удосконалення технології взаємодії станцій примикання і під'їзних колій з використанням сучасних методів вирішення задач. Проте врахувати всі особливості щодо конкретних вантажних станцій (вузлів) та під'їзних колій досить проблематично.

### **4. Визначення мети та задачі дослідження.**

Метою роботи є розробка моделі технології роботи під'їзної колії, яка буде адаптована до умов роботи залізничного комбінату. Задачі дослідження полягають у використанні методів теорії систем масового обслуговування для побудови відповідної моделі, а також визначення зв'язків між елементами розглянутої системи.

### **5. Основна частина дослідження.**

Основна вантажна робота на під'їзній колії ПАТ «Криворізький залізничний комбінат» виконується на чотирьох видобувних шахтах: ім. Леніна, Гвардійська, Октябрська та Родіна, які відповідно примикають до загальної мережі залізниць. Найбільші обсяги відвантаження продукції виконуються на шахтах Родіна та ім. Леніна (близько 60 та 55 вагонів відповідно навантаження за добу).

Для динамічної оцінки станів вагонів на станціях примикання та під'їзних коліях комбінату застосовано метод динаміки середніх [10], який є зручним математичним апаратом, що дозволяє дослідити середні характеристики випадкових процесів та

розв'язати систему диференціальних рівнянь Колмогорова для визначення кількісних характеристик станів. Станції примикання та під'їзні колії ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» можуть розглядатися як система масового обслуговування (СМО) із очікуванням. Припустимо, що процеси взаємодії станції примикання та під'їзних колій є пуассоновськими. Всі стани, у яких перебуває вагон, знаходячись на під'їзній колії, можна описати після складання графів станів вагона стосовно конфігурації (розміщення) промислових станцій та станції примикання (рис.1).

На рис. 1 показано наступне:

$P_1$  – імовірність знаходження вагона на станції Шмакове;

$P_2$  – імовірність знаходження вагона на станції Вечірній Кут;

$P_3$  – імовірність знаходження вагона на станції Рокувата;

$P_4$  – імовірність знаходження вагона під вантажними операціями на шахті Гвардійська;

$P_5$  – імовірність знаходження вагона під вантажними операціями на шахті ім. Леніна;

$P_6$  – імовірність знаходження вагона під вантажними операціями на шахті Октябрська;

$P_7$  – імовірність знаходження вагона під вантажними операціями на шахті Родіна;

$P_8$  – імовірність знаходження вагона на станції Мудрьона;

$P_9$  – імовірність знаходження вагона на станції Саксагань;

$\lambda_{12} \dots \lambda_{93}$  – інтенсивності потоків переходів вагона із стану в стан.

На основі графічної моделі для під'їзних колій побудовано систему диференціальних рівнянь, які мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{21} P_2 + \lambda_{71} P_7 + \lambda_{81} P_8 - (\lambda_{12} + \lambda_{17} + \lambda_{18}) P_1; \\ \frac{dP_2}{dt} &= \lambda_{12} P_1 + \lambda_{32} P_3 + \lambda_{62} P_6 - (\lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{26}) P_2; \\ \frac{dP_3}{dt} &= \lambda_{23} P_2 + \lambda_{53} P_5 + \lambda_{93} P_9 - (\lambda_{32} + \lambda_{35} + \lambda_{39}) P_3; \\ \frac{dP_4}{dt} &= \lambda_{54} P_5 - \lambda_{45} P_4; \\ \frac{dP_5}{dt} &= \lambda_{35} P_3 + \lambda_{45} P_4 - (\lambda_{53} + \lambda_{54}) P_5; \\ \frac{dP_6}{dt} &= \lambda_{26} P_2 - \lambda_{62} P_6; \\ \frac{dP_7}{dt} &= \lambda_{17} P_1 - \lambda_{71} P_7; \\ \frac{dP_8}{dt} &= \lambda_{18} P_1 - \lambda_{81} P_8; \\ \frac{dP_9}{dt} &= \lambda_{39} P_3 - \lambda_{93} P_9. \end{aligned} \right\} \quad 1)$$

Розв'язання цієї системи рівнянь задовольняє нормувальну умову:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 = 1. \quad (2)$$

або ж

$$P_1 = 1 - (P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9). \quad (3)$$

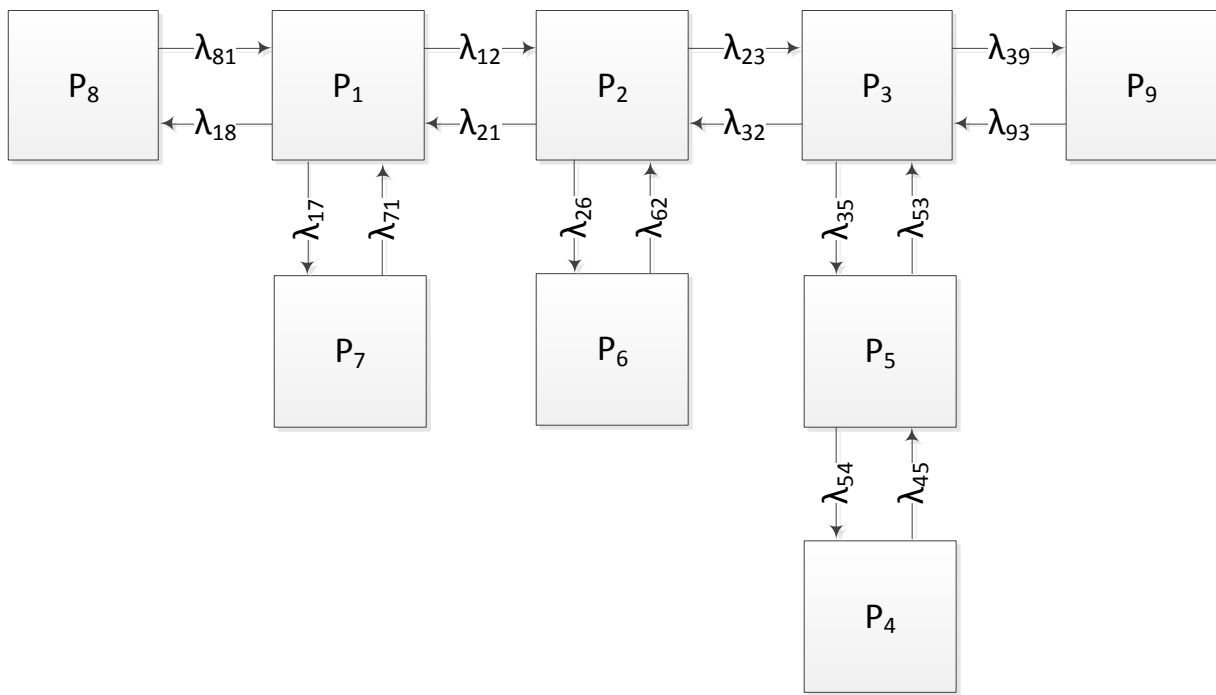


Рис. 1. Граф станів вагонів на під'їзних коліях залізничного комбінату

Для дослідження фінальних елементів системи отримана матриця ймовірностей станів вантажного вагона на інтенсивностей  $\Lambda$ , яка має вигляд:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -\lambda_{18} & \lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_7 & \lambda_8 & 0 \\ \lambda_2 & -\lambda_{26} & \lambda_2 & 0 & 0 & \lambda_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_3 & -\lambda_{39} & 0 & \lambda_3 & 0 & 0 & 0 & \lambda_3 \\ 0 & 0 & 0 & -\lambda_{45} & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{35} & \lambda_{34} & -\lambda_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{26} & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{26} & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_1 & 0 & 0 \\ \lambda_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_8 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{39} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{39} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Після вирішення диференціальних рівнянь з використанням ПЕОМ за допомогою метода Рунге-Кутта-Мерсона отримано графік середніх чисельностей вагонів на під'їзній колії ПАТ «Криворізький залізничний комбінат» (рис.2).

#### 6. Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку

Встановлені зв'язки між елементами системи (станціями примикання та під'їзними коліями залізничного комбінату) та побудовано граф станів вагонів.

Розроблена модель технології роботи підприємства, яка розглядається як СМО. Запропонована модель дає можливість визначити характеристики безпосередньо під'їзних колій, а саме: середнє число заявок (вагонів) у черзі в кожній фазі та в системі; середнє число заявок (вагонів) у черзі і на обслуговуванні в кожній фазі та в системі; середній час очікування заявки (вагона) у черзі на обслуговування; середній час перебування заявки (вагона) у системі (у черзі і під обслуговуванням), а також інші характеристики СМО з очікуванням.

Представлений підхід в подальшому може бути використано для удосконалення технології роботи станцій примикання і під'їзних колій ПАТ «Криворізький

залізорудний комбінат» з метою покращення якісних показників вантажної роботи, а саме скорочення часу простою місцевого вагона на місцях навантаження та вивантаження.

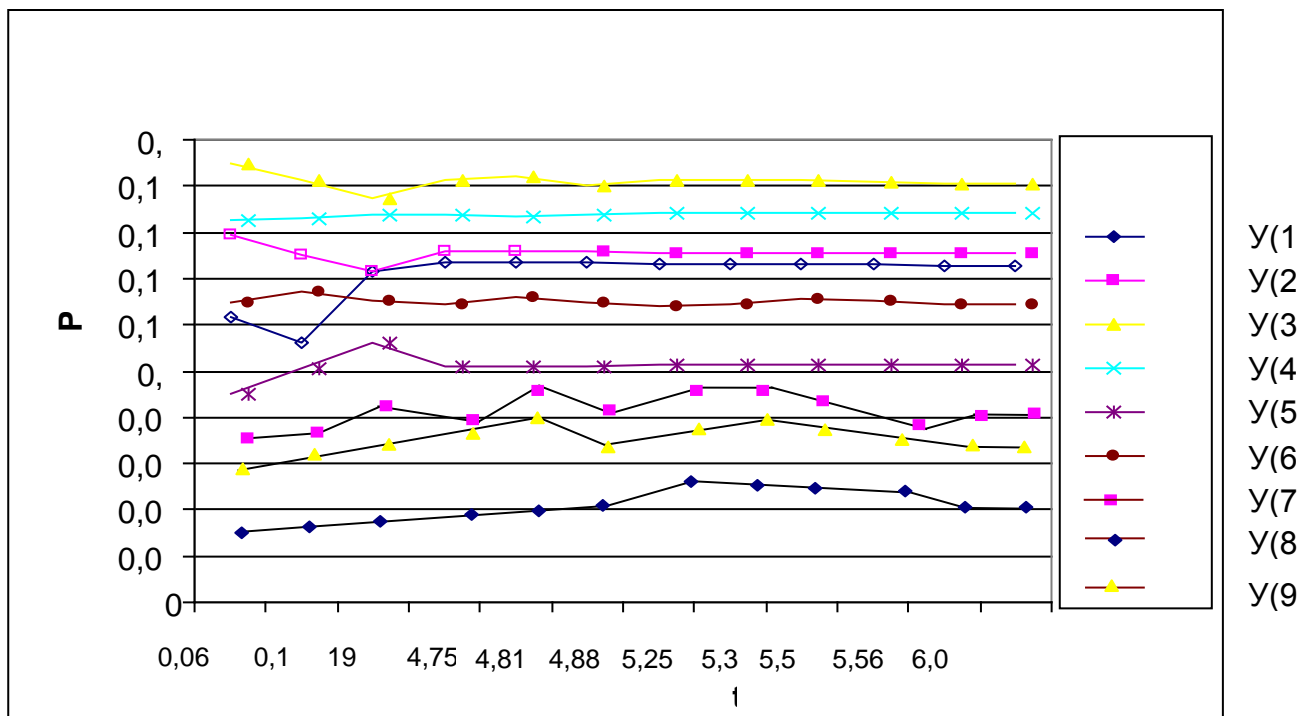


Рис. 2. Графік середніх чисельностей вагонів на під'їзній колії ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат»

## Список використаних джерел

1. Алексеев, А.В. Обоснование интервалов зачисления и норм времени нахождения вагонов на грузовых фронтах с учетом условий обслуживания подъездных путей [Текст] / А.В. Алексеев // Збірник наукових праць КУЕТТ. – 2002. – Том 6. – С. 66-69.
2. Левицкий, И.Е. Совершенствование переработки местных вагонопотоков в железнодорожных узлах [Текст] / И.Е. Левицкий, Р.Г. Коробьёва // Вісник Дніпр. нац. Ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпр. нац. Ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 23. – С. 104-107.
3. Панкратов, В.І. Організація та управління системою промислового залізничного транспорту на основі принципів логістики [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01 / В.І. Панкратов; [УкрДАЗТ]. – Х., 2009. – 20 с.
4. Ульяненок, Н.В. Аналитический расчет элементов процесса накопления и отправления передаточных поездов на подъездной путь промышленного предприятия [Текст] / Н.В. Ульяненок // Труды МИИТа. – 1978. – Вып. 595. С. 48-70.
5. Котенко, А.М. Удосконалення взаємодії під'їзних колій і станцій примикання [Текст] / А.М. Котенко, А.О. Ковальов // Зб.наук.праць – Київ:КУЕТТ. – 2007. – Вип. 11. – с. 171-174.
6. Данько, М.І. Удосконалення логістичних послуг місцевої роботи у перевізному процесі при взаємодії вантажовласників та залізниць України [Текст] / М.І.Данько, А.М.Котенко, В.В.Кулешов, А.В.Кулешов // Зб. наук. праць - Харків: УкрДАЗТ. - 2009. - Вип. 111. - с. 7-16.
7. Чеклов, В.Ф. Аналіз системи взаємодії залізничних станцій з під'їзними коліями вугільних підприємств [Текст] / В.Ф.Чеклов, Г.В.Бобик, А.М.Масалов, Є.Є.Шкуро //Зб. наук. праць - Донецьк: ДонІЗТ. - 2006. - Вип. 8. - с.84-89.

8. Запара, В.М. Використання сучасних підходів співпраці при взаємодії станції примикання і під'їзних колій підприємств [Текст] / В.М. Запара, М.І. Вітенко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – №146. – С.13-18.
9. Ковальов, А.О. Удосконалення методів вивантаження вантажів на місцях незагального користування у зимовий період [Текст] / А.О. Ковальов, О.С. Вінокуров // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – №120. – С.66-71.
10. Вентцель, Е. С. Исследование операций [Текст] / Е. С. Вентцель. - М.: Советское радио, 1970. – 552 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.В.Лаврухін

---

*Запара Ярослав Вікторович, канд. техн. наук, доцент, кафедра Управління вантажною та комерційною роботою, Українська державна академія залізничного транспорту, тел.: (057) 730-10-85. E-mail: [y.zapara@gmail.com](mailto:y.zapara@gmail.com)*

*Гарбузов Володимир Олексійович, магістрант кафедри управління вантажною та комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. E-mail: [yovan\\_garbuzov@ukr.net](mailto:yovan_garbuzov@ukr.net)*

*Zapara Yaroslav, Ph.D., lecturer of management of freight and commercial work, Ukrainian State Academy of Railway Transport, tel.: (057) 730-10-85. E-mail: [y.zapara@gmail.com](mailto:y.zapara@gmail.com)*

*Garbuzov Vladimir, master student of the management of trucks and commercial work Ukrainian State Academy of Railway Transport. E-mail: [yovan\\_garbuzov@ukr.net](mailto:yovan_garbuzov@ukr.net)*