

Заверкін О.В., Климаш А.О., Кузьменко С.В., Марченко Д.М.

ПРО ТЕРМІН МІЖ КАПІТАЛЬНИМИ РЕМОНТАМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ШЛЯХУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті викладено пропозиції щодо оптимізації термінів ремонту для залізничних колій на промислових підприємствах. Авторами зроблено спробу виявити закономірності зміни витрат на утримання залізничної колії залежно від вантажонапруги. Під час дослідження проведено виміри зносу рейок типу Р50 на прямих ділянках шляхів промислових підприємств хімічного профілю. Результати вимірів оброблялися статистичними методами. Були отримані рівняння зв'язку між відповідно середніми, максимальними та мінімальними величинами вертикального зносу h рейок вантажонапругою млн. ткм бруто/км в рік.

Для оцінки оптимальних термінів між капітальними ремонтами колії за критерієм мінімуму наведених витрат пропонується встановити закономірність зміни витрат на утримання колії залежно від вантажонапруги. Точне вирішення цього завдання може бути знайдено шляхом тривалих спостережень за витратами праці та матеріалів на кожному кілометрі окремо за період від укладання його рейок до вилучення їх із шляху.

Для отримання точок, що характеризують залежність зміни експлуатаційних витрат, пропонується розглядати витрати за видами робіт (у першому наближенні виходячи їх із нарядів на роботу). З метою визначення таких закономірностей було зібрано дані про витрати праці та матеріалів на поточне утримання шляхів хімічного підприємства.

З метою визначення термінів напрацювання шляху на капітальний ремонт були зібрані дані про рівень фондовіддачі промислових залізничних колій хімічних підприємств, в обсягах перевезення вантажів, що припадають на 1 км колій. Отримані оптимальні терміни були піддані кореляційному аналізу, який показує, що між цими термінами та рівнем фондовіддачі є тісний зв'язок.

На підставі звітних даних за 2021 р. по вантажообігу на середньостатистичному хімічному підприємстві були отримані дані щодо довжини шляху, що підлягає капітальному ремонту по граничному зносу рейок.

Викладений спосіб оцінки потреби у ресурсах виконання капітальних ремонтів можна використовувати в інших галузях промисловості.

Ключові слова: залізничні колії, вантажонапруга, граничне зношування рейок, вертикальний знос рейок.

Актуальність дослідження. При розрахунку термінів між капітальними ремонтами колії на промислових підприємствах зазвичай керуються таким визначальним показником, як граничне зношування рейок. Однак, цей показник не дозволяє вибрати оптимальні терміни міжремонтних періодів.

Постановка проблеми. Обстеження низки підприємств різних галузей промисловості показали, що реальна величина вилучення зі шляху рейок за граничним зношуванням їх головок визначається можливостями колійних бригад, зайнятих утриманням колій. За попередніми спостереженнями, такі бригади здатні замінити на одному підприємстві трохи більше 4-5% всіх гранично зношених рейок.

Теоретичний аналіз дослідження. Система ведення колійного господарства – це взаємозв'язок умов експлуатації, її технічних параметрів і характеристик, нормативів і технологічних параметрів ремонтів і обслуговування колій [1]. Періодичність виконання капітального, середнього, підйомного та інших видів ремонтів колії та споруд встановлюється Положенням про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України [2]. Періодичність визначається кількістю вантажу, що пройшов по шляху, в мільйонах тонн бруто від одного ремонту до іншого. Вона залежить від типу верхньої будови шляху, оскільки чим потужніша конструкція шляху, тим більший термін служби мають усі його елементи.

Періодичність капітальних ремонтів колії залежить від терміну служби рейок, протягом якого забезпечується необхідна надійність їхньої роботи. При встановленні нормативних термінів виробництва капітального ремонту колії враховувалися вантажонапруга, тип рейок, їх термічне зміцнення, типи шпал, ланковий або безстиківий шлях [3, 4].

У період між капітальними ремонтами на кривих ділянках колії може проводитися суцільна зміна рейок новими [5].

При вантажонапруженості менше 10 млн. т км бруто/км на рік при чергових ремонтах у дорогу укладають лише стародавні рейки.

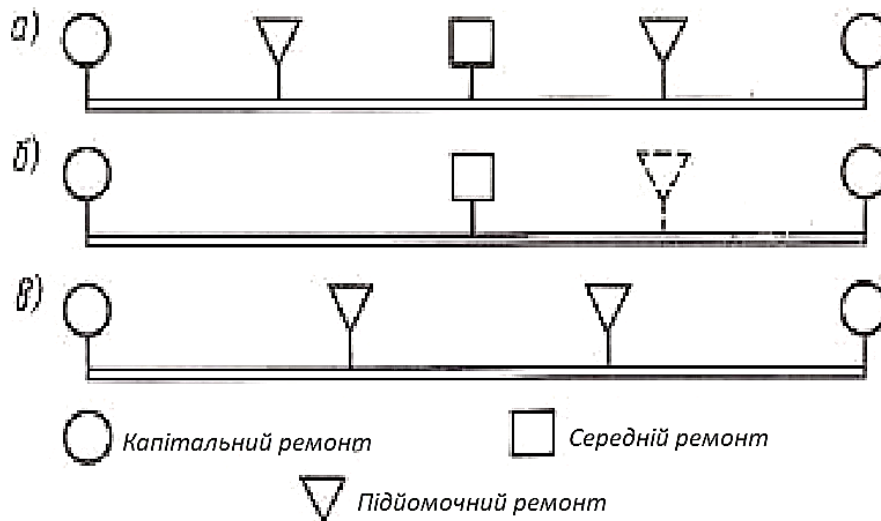


Рисунок 1 – Приблизна схема чергувань капітального, середнього та підйомного ремонту колії [3]:

- а) при середній вантажонапруженості та засміченості баластної призми.
- б) при високій вантажонапруженості.
- в) при азбестовому баласті.

Середній та підйомний ремонти колії виробляють у період між капітальними ремонтами. При особливо високій вантажонарузі капітальний ремонт виконують через 5 - 6 років, а в період між капітальними ремонтами призначають один - два середні або підйомні ремонти. Чим нижче вантажонапруженість, тим триваліший відрізок часу між капітальними ремонтами і тим більше призначається середніх та підйомних ремонтів на цьому відрізку (до трьох-чотирьох). При малій вантажонапруженості (25 млн. т км бруто/км на рік і менше) підйомний або середній ремонт роблять не рідше одного разу на 5 років.

Якщо колію укладено на азбестовий баласт і забруднення баластного шару незначна, середній ремонт може бути замінений підйомним. Навпаки, там, де щебеневий баласт особливо інтенсивно засмічується (на ділянках, розташованих поблизу вугле- і рудонавантажувальних районів), замість підйомного може виконуватися середній ремонт колії [6].

Ремонти колії планують виходячи з нормативів періодичності та фактичного стану колії. Капітальний ремонт колії призначають суцільними ділянками великої протяжності і насамперед тих напрямках мережі, які забезпечують основні перевезення вантажів і пасажирів.

Виходячи з обсягів та номенклатури робіт планується постачання матеріалів. Графік поставки цих матеріалів складається залежно від кліматичних умов, що визначають терміни початку та закінчення робіт.

Інші матеріали, обладнання, інструмент, інвентар підприємства колійного господарства одержують через відділи матеріально-технічного забезпечення, яким виділяються фонди на ці матеріали службами матеріально-технічного забезпечення.

Для нормальної роботи кожне підприємство має запас матеріалів. Однак не можна допускати, щоб цей запас перевищував необхідний мінімум, щоб матеріали накопичувалися підприємством на тривалий період. І тут матеріали виключаються зі сфери виробництва. У зв'язку з цим підприємствам встановлюється норматив запаси матеріальних цінностей.

Мета статті. Виявити закономірності зміни витрат на утримання залізничної колії залежно від вантажонапруги.

Задачі дослідження. Мету дослідження планується досягнути завдяки впровадженню методу оптимізації термінів ремонту для залізничних колій на промислових підприємствах.

Основна частина. Під час дослідження проведено виміри зносу рейок типу Р50 на прямих ділянках шляхів промислових підприємств хімічного профілю. При цьому використовували спеціальний вимірювальний прилад, що є скобою, що спирається на верхню частину підшви рейки. Основу приладу становлять часові індикатори, які дозволяють вести вимірювання з точністю до 0,01 мм. Рейки довжиною по 25 м із дерев'яними шпалами були укладені на щебеному баласті. Крок вимірів 5 м (але не ближче 0,5 м від кінців рейок). Через кожні 15-20 вимірів перевірялася точність установки індикаторів за допомогою еталонного відрізка рейки завдовжки 7 см.

Результати вимірів оброблялися статистичними методами. Коефіцієнти точності не перевищували 2,1%. Були отримані три рівняння зв'язку між відповідно середніми, максимальними та мінімальними величинами вертикального зносу h рейок вантажонапругою млн. ткм бруто/км в рік:

$$h_{cp} = 0,8 + 0,15T \quad (1)$$

$$h_{max} = 1,3 + 0,23T \quad (2)$$

$$h_{min} = 0,4 + 0,08T \quad (3)$$

Ці залежності представлені на рис. 2.

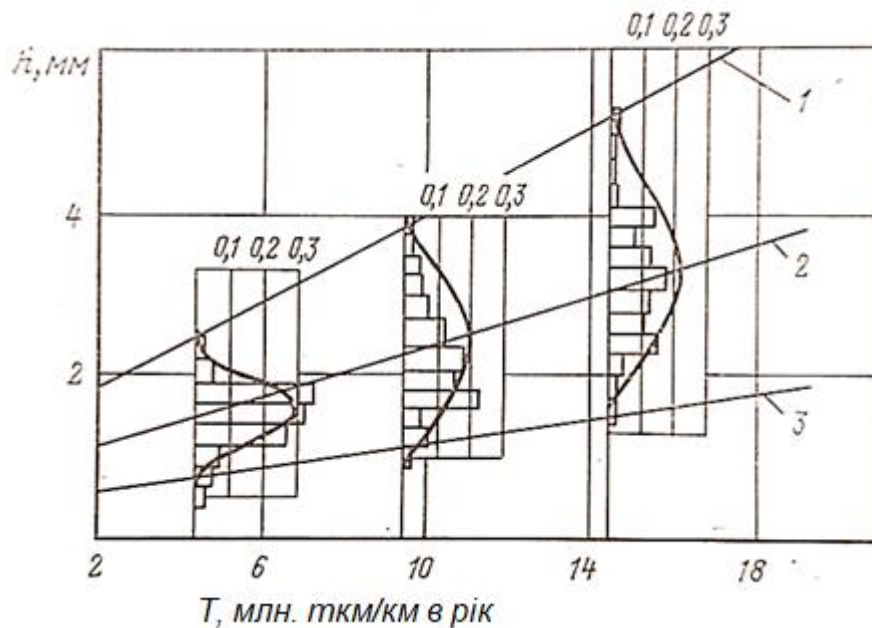


Рисунок 2 – Залежність зносу h рейок від вантажонапруги T :

1, 2, 3 – відповідно максимальні, середні та мінімальні значення знесення;
0,1, 0,2, 0,3 – частоти розбігу заміряних значень.

Для оцінки оптимальних термінів між капітальними ремонтами колії за критерієм мінімуму наведених витрат необхідно встановити закономірність зміни витрат на утримання колії залежно від вантажонапруги. Точне вирішення цього завдання може бути знайдено шляхом тривалих спостережень за витратами праці та матеріалів на кожному кілометрі окремо за період від укладання його рейок до вилучення їх із шляху. Шуканий результат можна визначити і наближеним методом, який полягає у віднесенні суми річних витрат на утримання шляхів до їх експлуатаційної довжини.

Розглядаючи ці витрати за видами робіт (у першому наближенні виписуючи їх із нарядів на роботу), можна виявити всі витрати на утримання шляху після його укладання. Таким чином будуть отримані точки, що характеризують залежність зміни експлуатаційних витрат.

З метою визначення таких закономірностей було зібрано дані про витрати праці та матеріалів на поточне утримання шляхів. Отримано наступну емпіричну залежність:

$$C = 0,03215 + 0,0710T_0t \quad (4)$$

де: t – термін між двома капітальними ремонтами;

T_0 – вантажонапруга млн ткм бруто / км на рік.

Терміни служби верхньої будови колії за різної вантажонапруги, отримані на підставі даних окремих підприємств, були представлені у вигляді графіка (рис. 3). На цей графік нанесені нормативні міжремонтні періоди, а також оптимальні.

З графіка випливає, що терміни напрацювання на капітальний ремонт який завжди оптимальні. До річної вантажонапруги 1,5 млн. ткм бруто/км в рік ці терміни призначатимуться за граничним зношенням рейок по лінії (див. рис. 3) $a - b$.

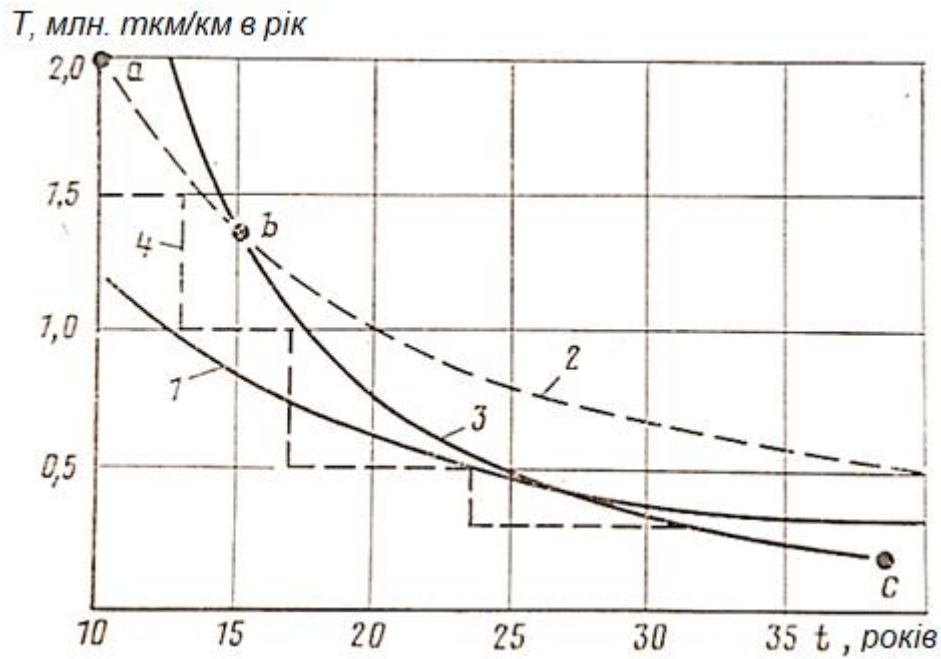


Рисунок 3 – Залежність термінів t між капітальними ремонтами колії від вантажонапруги, T :
 1 – за офіційними нормами; 2 – за нормами граничного зносу рейок;
 3 – оптимальні міжремонтні періоди; 4 – міжремонтні норми.

Після зазначеної вантажонапруги їх можна оцінювати за кривою, що характеризує оптимальні терміни служби. Згідно з наявними нормативами, близькі до оптимальних при вантажонапрузі від 0,5 до 0,4 млн. ткм бруто/км в рік. При інших значеннях вантажонапруги їх застосування призводить до значної похибки $b - c$.

Базуючись на викладених техніко-економічних показниках, можна рекомендувати такі терміни між капітальними ремонтами колії, табл. 1.

Таблиця 1

Терміни між капітальними ремонтами колії в залежності від вантажонапруги

T_0 , млн ткм/км на рік	>1,5	1-1,5	0,5-1,0	0,5-0,3	0,3-0,2	<0,2
t_k , років	10	13	17	24	31	38

Отриману залежність між оптимальними термінами служби і вантажонапругою можна перетворити на вигляд, зручний для визначення протяжності дороги, що ремонтується.

$$L_{к,р} = 0,06\sqrt{\Gamma L} \quad (5)$$

де: Γ – річний вантажообіг млн ткм бруто.

L – протяжність колії, км.

З метою визначення термінів напрацювання шляху на капітальний ремонт були зібрані дані про рівень фондівддачі промислових залізничних колій хімічних підприємств, в обсягах перевезення вантажів, що припадають на 1 км колій. Отримані оптимальні терміни були піддані кореляційному аналізу, який показує, що між цими термінами та рівнем фондівддачі є тісний зв'язок. Цей зв'язок можна записати у вигляді:

$$t_k = 60 \left(\frac{Q}{L} \right)^{0,65}$$

де: Q – обсяги перевезення вантажів, тис. т.

t_k – термін служби верхньої будови колії

Перетворивши цю формулу на вигляд, зручний для визначення протяжності шляху, що підлягає капітальному ремонту, отримаємо:

$$L_{к,р} = 06017L^{0,35}Q^{0,65}$$

На підставі звітних даних за 2021 р. вантажообіг на середньостатистичному хімічному підприємстві становив 1445,6 млн. ткм бруто, а експлуатаційна довжина колій 4557,8 км. Підставивши в останню формулу ці значення, отримуємо, що довжина шляху, що підлягає капітальному ремонту по граничному зносу рейок дорівнюватиме 72,3 км, за оптимальними термінами – 154 км, за рівнем фондівдачі – 194 км. $GL = 4557,8$.

Висновки. Таким чином, планування обсягів капітальних ремонтів на під'їзних залізничних коліях підприємств хімічного профілю слід вести за пропонованим оптимальним нормативним міжремонтним терміном, виробничим об'єднанням – виходячи із закономірності $t_k = 60 \left(\frac{Q}{L}\right)^{0,65}$, а головним управлінням – за рівнем фондівдачі $L_{к,р} = 0,6017L^{0,35}Q^{0,65}$. При вантажонарузі менше 0,75 млн. ткм бруто/км в рік не слід планувати капітальний ремонт колії із заміною рейок на нові, а використовувати старорічні рейки, піддані відновлювальному ремонту. Це дозволить заощаджувати 4-4,5 тис. т. рейкового металу на рік.

Викладений спосіб оцінки потреби у ресурсах виконання капітальних ремонтів можна використовувати в інших галузях промисловості.

Л і т е р а т у р а

1. Положення про систему ведення колійного господарства на залізницях України: ЦП-0237 : затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 22.12.2010 № 807-Ц / Е.І. Даніленко, М.І.Карпов, В.О. Яковлев та ін. – К.:ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2011. – 96 с.
2. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України (ЦП – 0113).- К., 2004. - 40 с.
3. Конструкция железнодорожного пути и его содержание. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1987. - 351 с.
4. Ангелейко В.И. Железнодорожный путь и станции промышленных предприятий. – Киев: Вища школа. Головное издательство, 1980. – 312 стр.
5. Patlasov O. The Intensity of Rail Failure Flow // MATEC Web of Conferences. – 2019. – Vol. 294 : 2nd International Scientific and Practical Conference «Energy-Optimal Technologies, Logistic and Safety on Transport» (EOT-2019). – P. 1–5.
6. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України / Е.І. Даніленко, В.О. Яковлев, А.М. Орловський, М.І. Карпов та інші. – К.: Транспорт України, 2006. – 314 с.: іл

References

1. Polozhennia pro systemu vedennia koliinoho hospodarstva na zaliznytsiakh Ukrainy: TsP-0237 : zatv. nakazom Derzhavnoi administratsii zaliznychnoho transportu Ukrainy vid 22.12.2010 № 807-Ts / E.I. Danilenko, M.I.Karpov, V.O. Yakovliev ta in. – K.:TOV «NVP Polihrafservis», 2011. – 96 s.
2. Polozhennia pro provedennia planovo-zapobizhnykh remontno-koliinykh robit na zaliznytsiakh Ukrainy (TsP – 0113).- K., 2004. - 40 s.
3. Konstruktsiia zheleznodorozhnoho puty u eho sodержanye. - 2-e yzd., pererab. y dop. - M.: Transport, 1987. - 351 s.
4. Anheleiko V.Y. Zheleznodorozhnyi put y stantsyy promyshlennykh predpriatyi. – Kyev: Vyshcha shkola. Holovnoe yzdatelstvo, 1980. – 312 str.
5. Patlasov O. The Intensity of Rail Failure Flow // MATEC Web of Conferences. – 2019. – Vol. 294 : 2nd International Scientific and Practical Conference «Energy-Optimal Technologies, Logistic and Safety on Transport» (EOT-2019). – P. 1–5.
6. Instruktisiia z ulashtuvannia ta utrymannia kolii zaliznyts Ukrainy / E.I. Danilenko, V.O. Yakovliev, A.M. Orlovskiyi, M.I. Karpov ta inshi. – K.: Transport Ukrainy, 2006. – 314 s.: il

The article presents proposals for optimising the repair time for railway tracks at industrial enterprises. The authors have made an attempt to identify patterns of change in railway track maintenance costs depending on the load stress. In the course of the study, the wear of P50 rails was measured on straight sections of tracks of chemical enterprises. The measurement results were processed using statistical methods. The equations of relationship between the average, maximum, and minimum values of vertical wear h of rails with load stress in million tkm gross/km per year were obtained.

In order to assess the optimal time between overhauls of the track according to the criterion of minimum costs, it is proposed to establish the regularity of changes in track maintenance costs depending on the load stress. The exact solution to this problem can be found by long-term observations of labour and material costs for each kilometre separately for the period from the laying of its rails to their removal from the track.

To obtain points characterizing the dependence of changes in operating costs, it is suggested to consider costs by type of work (in a first approximation, writing them out from work orders). In order to determine such regularities, data was collected on the costs of labor and materials for the current maintenance of the roads of the chemical enterprise.

In order to determine the timeframe for overhaul, data were collected on the level of capital efficiency of industrial railway tracks of chemical enterprises, in terms of freight volumes per 1 km of tracks. The obtained optimal terms were subjected to correlation analysis, which shows that there is a close relationship between these terms and the level of capital efficiency.

The described method of estimating the need for resources for overhauls can be used in other industries.

Keywords: railway tracks, load stress, limit wear of rails, vertical wear of rails.

Заверкін Андрій Вікторович – к.т.н., доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; zawerkin@ukr.net

Климаш Андрій Олександрович – к.т.н., завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; klimash@snu.edu.ua

Кузьменко Сергій Валентинович – к.т.н., професор кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; kuzmenko@snu.edu.ua

Марченко Дмитро Миколайович – д.т.н., професор перший проректор Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; marchenko@snu.edu.ua