

УДК:629.47.027

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.149.2014.81814>

**ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ СТРАТЕГІЙ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ СИСТЕМИ  
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ**

Д-р техн. наук В.Г. Пузир, к-т техн. наук Ю.М. Дацун

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СТРАТЕГИЙ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ  
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ.**

Д-р техн. наук В.Г. Пузырь, к-т техн. наук Ю.Н. Дацун

**THE USE OF MODERN STRATEGIES FOR IMPROVEMENT OF SYSTEM OF  
TECHNICAL SERVICE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES**

Doct. of techn. sciences V. Puzyr, cand. of techn. sciences Y. Datsun

*У статті обґрунтовано доцільність удосконалення діючої планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів. Проводиться аналіз основних існуючих в даний час систем з обслуговування та ремонту технічних об'єктів. Наводяться основні етапи розвитку сучасних систем технічного обслуговування і ремонту. Для обслуговування та ремонту локомотивів пропонується система, орієнтована на надійність RCM (Reliability-Centered Maintenance).*

**Ключові слова:** локомотив, ремонт, обслуговування, система, надійність, відмову.

*В статті обґрунтована цілесобразність удосконалення діючої планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів. Проводиться аналіз основних існуючих в даний час систем з обслуговування та ремонту технічних об'єктів. Наводяться основні етапи розвитку сучасних систем технічного обслуговування і ремонту. Для обслуговування та ремонту локомотивів пропонується система, орієнтована на надійність RCM (Reliability-Centered Maintenance).*

**Ключевые слова:** локомотив, ремонт, обслуживание, система, надежность, отказ.

*Economic efficiency of railway transport depends on the technical condition and operation of locomotives. To maintain the locomotives in a healthy state is a complex of measures of the technical service and repair according to the current preventive system. At the present time there is a need to review existing approaches to the keeping of locomotives. The article is devoted to analysis of the main existing systems for technical service and repair of technical objects. The main*

*advantages and disadvantages are pointed. Main stages of development of modern systems of technical service and repair are defined. For the technical service and repair of locomotives a system focused on reliability RCM (Reliability-Centered Maintenance) are proposed. The main strategy is the definition and application of individual methods of maintenance for each unit of the technical object, or causes of technical failures. A suitable algorithm is developed to determine strategies of the technical service components of locomotives within the RCM. The basic steps of implementation of the system RCM are listed. The further activities in this area are identified: determination of the significance of node failures of locomotives, their probability of occurrence, and detection capabilities.*

**Keywords:** locomotive, repair, service, system, reliability, technical failure.

**Вступ.** Економічна ефективність роботи залізничного транспорту напряму залежить від технічного стану та функціонування локомотивів. Для підтримання локомотивів в працездатному стані проводиться комплекс заходів з їх технічного обслуговування і ремонту (ТОіР). Порядок проведення цих заходів встановлюється системою ТОіР. В теперішній час на залізницях України при плануванні заходів з ТОіР застосовують планово-попереджувальну систему. Яка сформувалась в 50-60-х роках минулого століття [1]. Впровадження сучасних діагностичних систем локомотивів дозволяє отримувати більше інформації про їх технічний стан. Що наряду з можливістю нових технологій відновлення, застосування нових матеріалів, потребує перегляду існуючих підходів до утримання локомотивів. Зокрема впровадженню нових стратегій організації ТОіР, з урахуванням світового досвіду, напрацювань спеціалістів інших галузей народного господарства.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Вирішення проблеми удосконалення системи ТОіР локомотивів напряму пов'язане з проблемами ресурсозбереження, підвищення надійності і ефективності використання локомотивів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ґрунтовні дослідження механізмів відмов в 70-х роках минулого століття, дали новий імпульс розвитку альтернативних систем ТОіР технічних об'єктів [2, 3]. З'являються системи ТОіР, що враховують фактичний технічний стан об'єкта [4], чи орієнтовані на надійність [5]. Нові системи ТОіР набувають поширення в різних галузях народного господарства [6, 7]. Для підвищення конкурентоздатності залізниць, зменшення витрат на утримання

локомотивів, необхідно розглянути можливість застосування нових стратегій їх ТОіР.

**Постановка завдання.** Сформулювати основні напрямки застосування сучасних стратегій для удосконалення системи ТОіР локомотивів на залізницях України.

**Основний матеріал.** Система ТОіР повинна забезпечувати працездатність рухомого складу на весь період його експлуатації, визначати періодичність та обсяг технологічних заходів, при мінімальних витратах коштів та часу.

На залізницях України прийнята планово-попереджувальна система ремонту тягового рухомого складу [8], що передбачає проведення заходів з технічного обслуговування та ремонту кожної одиниці рухомого складу після відпрацювання нею певного часу (пробігу). Широке застосування даної системи на транспорті протягом майже 60 років обумовлено рядом її переваг:

- контроль тривалості міжремонтних періодів роботи рухомого складу;
- регламентований час простою рухомого складу в ремонті;
- прогнозування витрат на ремонт рухомого складу, агрегатів та вузлів;
- аналіз причин відмов рухомого складу;
- розрахунок чисельності ремонтного персоналу в залежності від програми ремонту.

Основні ж недоліки системи в теперішній час призводять до втрат, що спонукають до її вдосконалення. При виконанні планового ТО чи ремонту здійснюється розбирання чи демонтаж обладнання незалежно від технічного стану, що у більшості випадків призводить до неповного використання ресурсу обладнання, нераціональних витрат запасних

частин та матеріалів, збільшення витрат на ТО та ремонт. Втручання в роботу обладнання, що нормально функціонує викликає повторне виникнення зношувань при припрацюванні, а значить зменшення ресурсу деталей. Після кількох ремонтних циклів локомотив являє собою комплекс вузлів та агрегатів з різним ресурсом (нові, старі придатні, старі відновлені) що характеризується майже постійною інтенсивністю відмов [9]. В таких умовах існуюча система не в змозі забезпечити повне відновлення технічного ресурсу локомотива та являється системою з накопиченням несправностей [10]. Отже пошук напрямків удосконалення системи ТОiP з урахуванням сучасних підходів, з метою збільшення надійності локомотивів, зменшення витрат на їх утримання, є актуальною проблемою.

Перші розробки, що стосувались альтернативних систем ТОiP почали з'являтися на підприємствах західних країн в кінці 70-х років. Основним критерієм в нових системах ставав фактичний стан об'єкту. Такому зміщенню пріоритетів сприяло конкурентне середовище, швидкий розвиток комп'ютерної техніки і поява спеціальних автоматизованих систем, що дозволяють зберігати і обробляти великі обсяги інформації щодо наявного на підприємствах устаткування [11]. У 80 - х роках минулого століття в США з'явилися перші комп'ютеризовані CMMS - системи управління технічним обслуговуванням (від англ. Computerized Maintenance Management Systems), орієнтовані на скорочення витрат на обслуговування обладнання і підвищення продуктивності (коефіцієнта готовності) [12]. Наприкінці 90 -х років XX століття на їх основі були розроблені так звані EAM - системи (від англ. Enterprise Asset Management ) - системи комплексного управління основними фондами. Головна відмінність EAM - систем від CMMS - систем полягає в тому, що перші дозволяють управляти всім життєвим циклом обладнання, починаючи з проектування, виготовлення, монтажу і збирання, до подальшого обслуговування, ремонтних і

профілактичних робіт, модернізації, реконструкції та списання. Також EAM - система включає в себе систему підтримки прийняття рішень, наприклад, систему моніторингу ефективності роботи обладнання.

Подальшим розвитком систем ТОiP стало виникнення стратегії, що орієнтована на надійність (Reliability-Centered Maintenance - RCM) [13]. За цією стратегією різним одиницям або групам обладнання на підприємстві призначають відповідну значимість (критичність) для виконання виробничою системою своїх функцій та виключення можливих збитків. Відповідно, відмови устаткування з різною критичністю відрізняються небезпекою наслідків. Тому немає сенсу витрачати ресурси на попередження всіх відмов, а попереджати потрібно тільки ті, які можуть викликати значущі наслідки.

Основою стратегії RCM є визначення і застосування індивідуальних методів обслуговування для кожного агрегату технічного об'єкту або причини відмов. Тобто в залежності від виду обладнання, виду і причин їх відмов при ТОiP в рамках RCM можуть застосовуватись різні стратегії (Таблиця 1).

Для реалізації стратегії RCM проводять класифікацію всього обладнання, задіяного у виробничому процесі, за показником «критичність»: підсумовують вартість ремонту чи заміни конкретного обладнання і втрат випуску через його несправність в загальній лінії (брак, затримка, зниження випуску). Після аналізу парку устаткування і визначення найбільш «критичних» одиниць, для кожної розглядають витрати на ремонтний цикл і обирають максимально ефективну стратегію обслуговування.

Враховуючи характеристики обладнання локомотивів, можливість отримання об'єктивної інформації про його технічний стан, вплив обладнання на безпеку руху, застосування різних стратегій ТОiP до груп обладнання можна проводити згідно алгоритму (Рисунок 1).

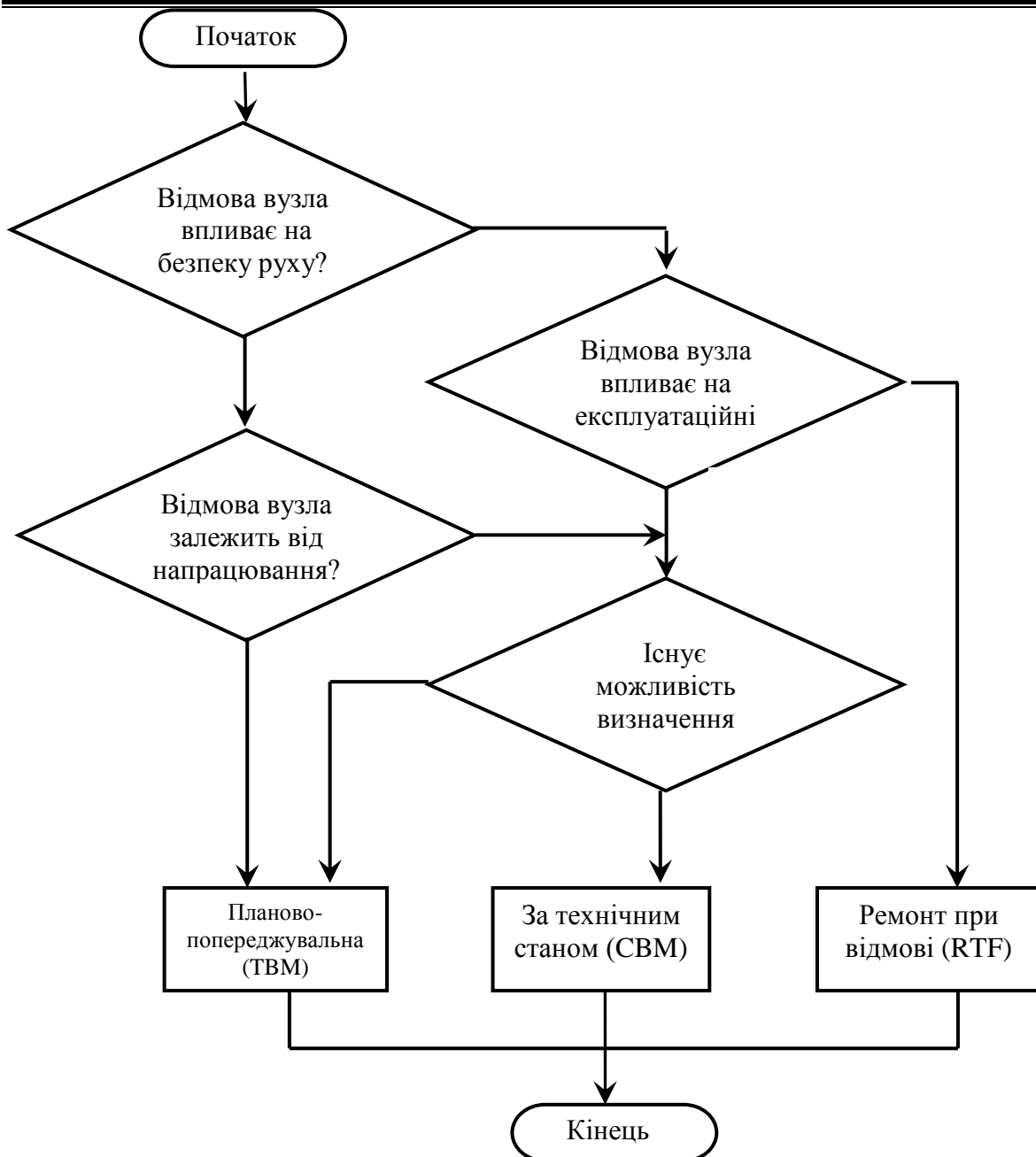


Рис. 1. Алгоритм вибору стратегії ТОiP вузлів локомотивів.

Виходячи з приведеного алгоритму, реалізація застосування стратегії RCM при проведенні ТОiP локомотивів потребує вирішення задач:

1. Класифікація обладнання за критичністю (оцінка наслідків відмов обладнання, вплив відмов на безпеку руху).
2. Визначення можливості виявлення передвідмовного стану обладнання.
3. Призначення для кожної одиниці обладнання оптимальної стратегії ТОiP.

Визначення критичності відмов обладнання визначають як добуток 3-х складових, що виражається в шкалах від 1 до

10 та характеризують ймовірність виникнення відмови ( $B_1$ ), оцінку його наслідків ( $B_2$ ) та ймовірність виявлення відмови при контролі стану [14]

$$C = B_1 \cdot B_2 \cdot B_3, \quad (1)$$

Як видно з приведеного виразу, для отримання адекватних результатів з критичності відмов по типам обладнання локомотива необхідна вхідна інформація по відмовам, наявності діагностичних засобів та контрольного обладнання. Крім того, для оцінки ймовірних наслідків відмов обладнання необхідна організація процедури для отримання даних експертними методами.

**Основні існуючі стратегії ТОіР обладнання.**

Стратегії ТОіР	Модель інформаційного забезпечення	Тип обладнання	Переваги	Недоліки
Ремонт при відмові (Run-to-failure - RTF)	Стохастична (на основі ймовірнісних чи стохастичних показників)	Не критичне обладнання (з резервуванням);	Мінімальні витрати на ТОіР;	Відмови та витрати по їх ліквідації - непередбачувані.
Планово-попереджувальна (Time-Based-Maintenance - TBM)		Відповідальне обладнання	Можливість планування робіт з ТОіР, прогнозування витрат на ремонт рухомого складу, агрегатів та вузлів.	- Значні витрати на ТОіР із-за заміни придатних вузлів та деталей; - Висока ймовірність виникнення аварійних відмов
За технічним станом (Condition-Based-Maintenance - CBM)			Максимальне використання ресурсу	Необхідність застосування діагностичних систем, та систем зберігання і обробки інформації
Проактивне (Proactive Maintenance - PM)	Детермінована (на основі актуальної інформації про технічний стан обладнання)		Підвищення надійності обладнання, контроль стану якого неможливий	Потребує реконструкції чи модернізації вузла

**Висновки.** Отже обслуговування і ремонт агрегатів та вузлів локомотивів, що характеризуються різним ресурсом та показниками надійності за єдиною системою супроводжується перевитратами на утримання локомотивів, низьким рівнем їх надійності в експлуатації. Логічним напрямком удосконалення системи ТОіР в такій ситуації буде застосування диференційного підходу до кожного елемента локомотива, що характеризується

індивідуальними показниками (особливості конструкції, вплив на безпеку руху, ремонтпридатність, ймовірні наслідки відмови). В світовій практиці така стратегія відома під назвою Reliability-Centered Maintenance (RCM).

Для реалізації стратегії RCM локомотивів, необхідно проведення додаткових робіт по визначенню значимості відмов, ймовірності їх виникнення, та можливості виявлення.

#### *Список використаних джерел*

1. Рахматуллин, М.Д. Технология ремонта тепловозов [Текст] / М.Д. Рахматуллин – М.: Транспорт, 1983. - 319 с.
2. Smith A. Reliability-Centered Maintenance. [Текст] / A.Smith - NY: McGraw-Hill, Inc., 1993. - 201 p.
3. Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. NASA, 2000. 348 p.
4. Герцбах, И.Б О профилактике по прогнозирующему характеру [Текст] / И.Б. Герцбах // Известия АН СССР. Сер.: Техническая кибернетика. 1967. №1. С. 56-64.
5. Moubray J. RCM II: reliability-centered maintenance. 2<sup>nd</sup> ed. [Текст] / J.Moubray - NY: Industrial Press Inc. 1997. - 440 p
6. Макаренко, М.Г. Забезпечення функціональної стабільності роботи тракторів RCM методом. / М.Г. Макаренко, С.Є. Афанасьєва, О.М. Макаренко // Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2011. – Вип. 107.- С. 107-113.

7. Мачали, И.А. Математические модели стратегий технического обслуживания современной / И.А. Мачали // Математические машины и системы. – Киев, 2005. - Вып. № 2. – С. 130-138
8. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту та технічного обслуговування тягового рухомого складу [Текст]: наказ УЗ від 30.06.2010 №093. – К., 2010. – 43 с.
9. Иванов В.Н. Причины неплановых ремонтов и совершенствование системы обслуживания локомотивов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Иванов Валерий Николаевич. – С-Петербург., 2005. – 135 с.
10. Чаплинский, С.И. Совершенствование системы технической эксплуатации локомотивов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Чаплинский Сергей Игоревич. – С-Петербург., 2009. – 156 с.
11. Ерохин, Е. А. Эволюция систем технического обслуживания и ремонта оборудования [Текст] / Е. А. Ерохин, А. Н. Осинцев // Организатор производства. – Воронеж, 2009. - N 4. - С. 37-41.
12. Шехватов, Д. Эволюция систем управления техобслуживанием и ремонтами./ Шехватов Д.// Оборудование - №2 - 2004. - С 13.
13. Nowlan F. S. Reliability-centered Maintenance. . [Текст] / F. S Nowlan, H. F. Heap - San Francisco: Dolby Access Press. 1978. – 466 p.
14. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения [Текст]. – Введ. 1996-06-26. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 14 с.

---

Пузир Володимир Григорович д-р техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-99.

Дацун Юрій Миколайович канд. техн. наук, докторант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-99.

Puzyr Volodymyr Grygorovych. doct. of techn. sciences, professor department of expluatacii ta remontu ruhomogo skladu Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-19-99.

Datsun Yurii Mykolayovich cand. of science, docent department of expluatacii ta remontu ruhomogo skladu Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-19-99.