

УДК 623.4.083

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.158.2015.63487>

## ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ З УРАХУВАННЯМ ЙОГО МОДЕРНІЗАЦІЇ

Магістр А.А. Поротікова, д-р техн. наук О.С. Крашенінін

## ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С УЧЁТОМ ЕГО МОДЕРНИЗАЦИИ

Магистр А.А. Поротикова, д-р техн. наук А.С. Крашенинин

## LIFE-CYCLE ASSESSMENT TRACTION ROLLING MODERNIZATION WITH

Master student A. Porotikova, doct. of techn. sciences A. Krashenin

*Аналіз життєвого циклу ТРС при його модернізації показує необхідність обґрунтування часу виконання заходів на етапах до піку його економічної ефективності або коли йде активний спад економічної ефективності роботи ТРС.*

**Ключові слова:** життєвий цикл, старіння ТРС, моральний та фізичний знос, модернізація, економічна ефективність.

*Анализ жизненного цикла ТПС при его модернизации показывает необходимость обоснования времени выполнения мероприятий на этапах к пику его экономической эффективности или когда идет активный спад экономической эффективности работы ТРС.*

**Ключевые слова:** жизненный цикл, старение ТРС, моральный и физический износ, модернизация, экономическая эффективность.

*Any traction rolling stock grow old, amenable to moral and physical deterioration, during operation loses its original parameters, does not meet the requirements of scientific and technical progress. All this leads to increased complexity of repairs, and an increase in the cost of the life cycle. The analysis of life cycle of hauling rolling stock during his modernisation shows the necessity of ground of time of implementation of events on the stages to the peak of his economic efficiency or, when the active slump of economic efficiency of work of hauling rolling stock.*

**Keywords:** life cycle, aging traction rolling stock, moral and physical wear and tear, modernization, economic efficiency.

**Вступ.** На сьогодні середній знос парку тепловозів Укрзалізниці складає 97 %. За даними Укрзалізниці більша частина тягового рухомого складу потребує на 40-60 % збільшення витрат на ремонти. Крім того, наявні локомотиви не дають змоги збільшити швидкість руху поїздів. Одним з рішень у цій

ситуації є як обґрунтування обсягів ремонту ТРС для подовження терміну експлуатації або будівництво нових локомотивів та модернізація існуючих [1].

У зв'язку зі зростанням цін на паливно-енергетичні ресурси усе більш актуальним завданням стає їх економія та раціональне

використання. У цих умовах зниження енергоспоживання транспортними засобами є однією з найважливіших передумов щодо модернізації існуючих локомотивів.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Проблема утримання локомотивного парку Укрзалізниці в умовах його старіння є дуже актуальною. У зв'язку зі стрімким розвитком науково-технічного прогресу та відсутністю великих капітальних вкладень неможливо оновити весь діючий локомотивний парк. Через фізичний і моральний знос локомотивів збільшуються трудомісткість виконання ремонтних робіт, кількість відмов і позапланових ремонтів, що у свою чергу збільшує експлуатаційні витрати і, як наслідок, вартість життєвого циклу. Модернізація існуючого локомотивного парку може проводитися на різних етапах експлуатації, але її економічна ефективність і доцільність будуть різними. Необхідно визначати на якому саме етапі слід провести модернізацію локомотива та як після неї зміниться економічна ефективність локомотива.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз досліджень УкрДУЗТ та ДНДЦ УЗ щодо визначення вартості життєвого циклу ТРС з урахуванням особливостей залізниць України [2] та матеріали досліджень з розрахунку вартості життєвого циклу тепловоза в умовах експлуатації на деяких залізницях [3] показують залежність збільшення ціни вартості експлуатаційних витрат (морального зносу [4] на показники економічної ефективності [5]).

**Визначення мети та задачі дослідження.** Метою дослідження є визначення вартості життєвого циклу локомотивів з урахуванням модернізації, визначення економічної ефективності від модернізації та аналіз зміни економічної ефективності від модернізації на різних етапах експлуатації.

**Основна частина дослідження.** Існують різні шляхи проведення модернізації тепловозів залежно від мети та обсягів робіт при модернізації. Практика показує, що можна визначити такі напрямки модернізації:

- ремоторизація із заміною тільки силових установок;
- комплексна модернізація із заміною силових установок та допоміжного обладнання;

- комплексна модернізація без заміни силових установок.

Основні цілі проведення модернізації тепловозів такі:

- подовження терміну служби;
- зниження експлуатаційних витрат, у т.ч. на паливе;
- зменшення викидів шкідливих речовин;
- забезпечення надійності;
- підвищення продуктивності;
- підвищення рівня комфорту для локомотивних бригад.

Основний принцип модернізації полягає в тому, що модернізації підлягають тепловози, механічна частина (екіпаж, рама) яких має задовільний стан [6].

Модернізація маневрових тепловозів повинна виконуватися таким чином, щоб при збереженні потужності енергосилової установки зменшувались витрати палива на режимах холостого ходу та на режимах малих навантажень. Таким чином, енергосилова установка (ЕУ) тепловозів, що модернізується, повинна бути адаптованою до тягових навантажень.

Світовий досвід свідчить, що більш адаптованими в цьому сенсі є багатодизельні енергосилові установки з накопичувачами енергії (механічної, електричної, електромагнітної) або без накопичувачів [7].

Метою створення тепловозів з багатодизельною силовою установкою є підвищення паливної економічності, зниження шкідливих викидів в атмосферу, поліпшення умов праці локомотивних бригад [8]. Необхідність реконструкції тепловозів обумовлена виробленням терміну служби, а також бажанням по можливості знизити витрати палива. Модернізація тепловозів дає змогу подовжити термін їх служби, знизити експлуатаційні витрати на 35-40 % за рахунок зменшення відррахувань на паливе, мастило і ремонт. Крім того, у відповідність до екологічних вимог будуть приведені обсяги шкідливих викидів в атмосферу, поліпшаться умови праці локомотивних бригад [9].

Використовуючи досвід Німецької залізниці з модернізації тепловозів 232 серії (аналог 2TE116), можливо зменшити кількість ремонтів, збільшити міжремонтні терміни пробігу, зменшити трудомісткість виконання

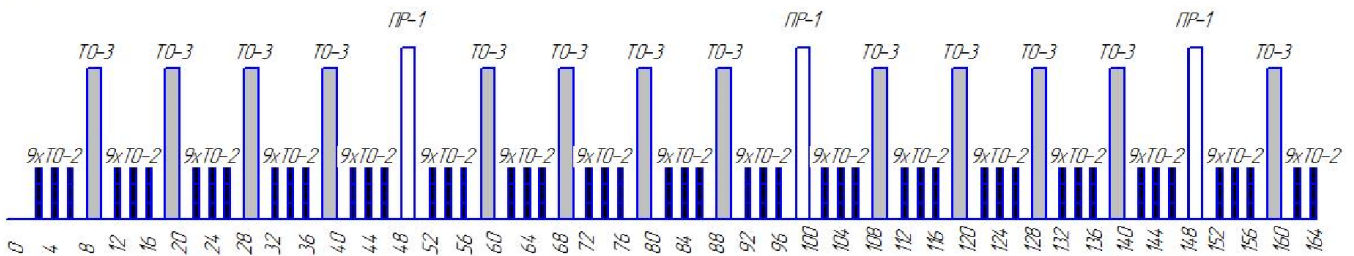
робіт при технічному огляді та поточних ремонтах.

На рис. 1 наведено схематичне порівняння циклів ТО і ПР тепловозів 2ТЕ116 та тепловоза серії 232. Два верхніх графіки показують цикл ТО і ПР для 2ТЕ116 і німецького тепловоза 232 від 0 до 180 тис. км відповідно. Дві нижніх графіки охоплюють у зменшеному масштабі пробіг від 0 до 800 тис. км, тобто пробіг до проведення капітального ремонту (ТО-2 і ТО-3 на них не показані). За «щільністю» відміток над віссю, що представляють різні види ТО і ПР, можна судити про різницю в частоті виконання робіт і відповідних заходів тепловозів у депо. Якщо

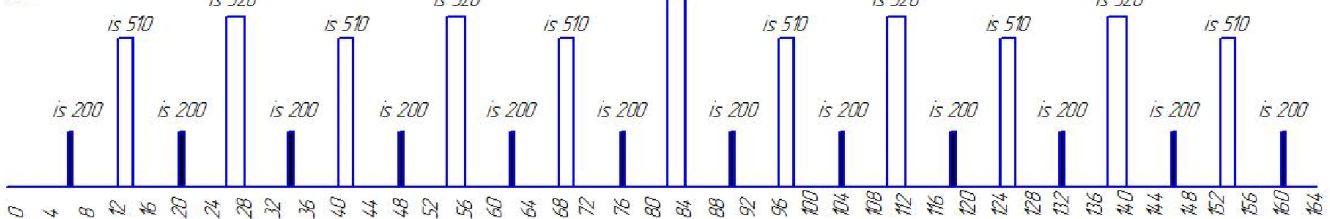
врахувати, що в кінці 1980-х рр. для тепловозів ДБ 232 використовувалася циклічність, багато в чому схожа на циклічність для 2ТЕ116 Укрзалізниці, можна орієнтуватися на досягнення щодо оптимізації ТО, ПР за рахунок поступових цілеспрямованих удосконалень та модернізації вузлів і систем тепловозів Німецької залізниці.

Зазвичай при вирішенні питання про ефективність модернізації старої техніки, повинні бути зіставлені показники за трьома варіантами: за ремонтом старої техніки, модернізацією і заміною старої техніки новою. За трьома названими варіантами повинні бути зіставлені показники, наведені в таблиці.

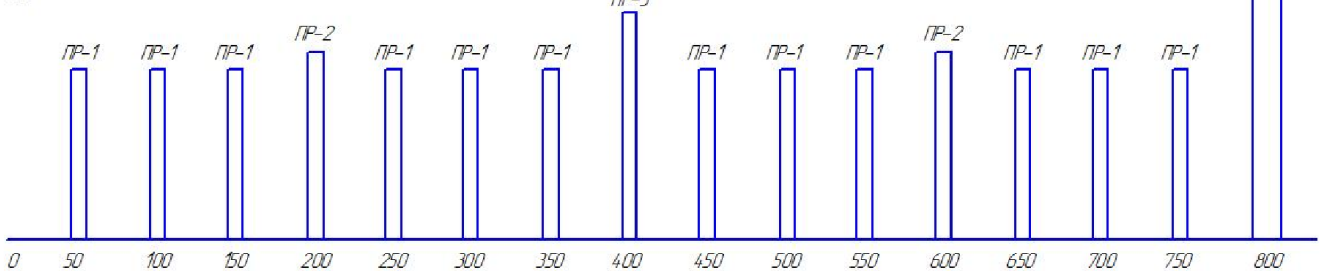
УЗ



ДБ



УЗ



ДБ

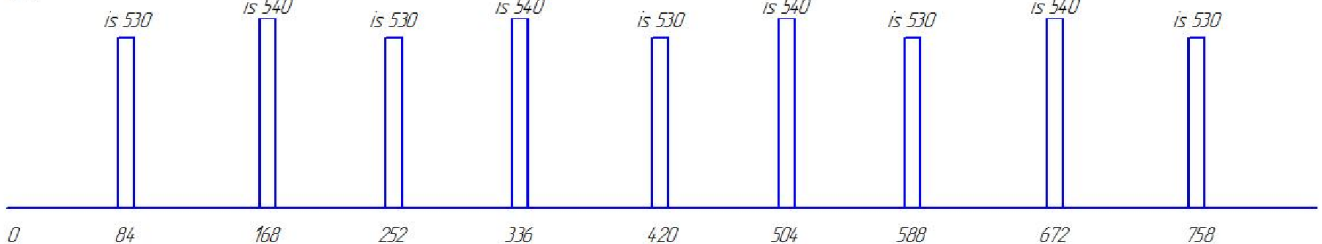


Рис. 1. Порівняння циклів ТО,ПР тепловозів 2ТЕ116 та ДБ 232

Таблиця

Показники за порівнюваними варіантами

| Показники                                                                         | Варіанти              |                             |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                                                                   | Ремонт старої техніки | Модернізація старої техніки | Заміна старої техніки новою |
| Нові капітальні вкладення, грн                                                    | $R_c$                 | $K_m$                       | $K_n$                       |
| Річна продуктивність, од./р.                                                      | $q_c$                 | $q_m$                       | $q_n$                       |
| Собівартість одиниці продукції, що отримується за допомогою цієї техніки, грн/од. | $c_c$                 | $c_m$                       | $c_n$                       |

Якщо  $\frac{R_c}{q_c} > \frac{K_m}{q_m}$  і  $c_c > c_m$ , то модернізація старої техніки є економічно високо-ефективною. Якщо  $\frac{K_n}{q_n} < \frac{K_m}{q_m}$  і  $c_n < c_m$ , заміна старої техніки новітньою є економічно високоефективною, оскільки дає змогу отримати економію як на капітальних вкладеннях, так і на експлуатаційних витратах [4].

Протягом нормативного терміну служби ТРС надійність локомотива зменшується, збільшується кількість відмов і, як наслідок, збільшується кількість технічних оглядів та поточних ремонтів, що у свою чергу збільшує вартість життєвого циклу локомотива. На етапі, коли дохід досягає максимуму та починає зменшуватися і збільшуються експлуатаційні витрати, доцільно провести модернізацію ТРС для досягнення економічної ефективності.

Необхідність модернізації виникає ще й через невідповідність технічних показників та характеристик локомотивів їх початковим показникам.

Модернізація потребує додаткових капітальних вкладень, але покращує характеристики ТРС і зменшує витрати на ремонти та технічне обслуговування.

Розглянемо варіант, коли маневровому тепловозу ЧМЕЗ проведено глибоку модернізацію, за результатами якої ЧМЕЗ був обладнаний двома дизельними установками.

Модернізацію доцільно проводити до того моменту, коли крива доходу  $B(t)$  досягає максимуму у той період експлуатації, коли починає збільшуватися трудомісткість виконання технічних оглядів та поточних

ремонтів. Графік зміни економічної ефективності буде мати вигляд як на рис. 2.

При глибокій модернізації енергосилової установки маневрового тепловоза ЧМЕЗ на тридизельну енергосилову установку доцільним є проведення її після того моменту, коли крива доходу  $B(t)$  досягне максимуму і дохід почне зменшуватися за рахунок збільшення експлуатаційних витрат та збільшення трудомісткості виконання технічних оглядів та поточних ремонтів. Графік зміни економічної ефективності буде мати вигляд як на рис. 3.

Для визначення економічної ефективності ТРС у часі розраховані експлуатаційні витрати за термін експлуатації локомотивів. Експлуатаційні витрати розраховувалися за методиками УкрДУЗТ-ДНДЦ УЗ щодо визначення вартості життєвого циклу ТРС з урахуванням особливостей залізниць України [2,10].

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** В умовах необхідності оновлення тягового рухомого складу Укрзалізниці і неможливості залучання великих капітальних вкладень на закупівлю нового рухомого складу актуальним завданням постає завдання проведення його модернізації.

Для підвищення ефективності проведення модернізації й отримання економічного ефекту від неї необхідно проводити дослідження щодо з'ясування оптимального часу її проведення з урахуванням витрат за життєвий цикл.

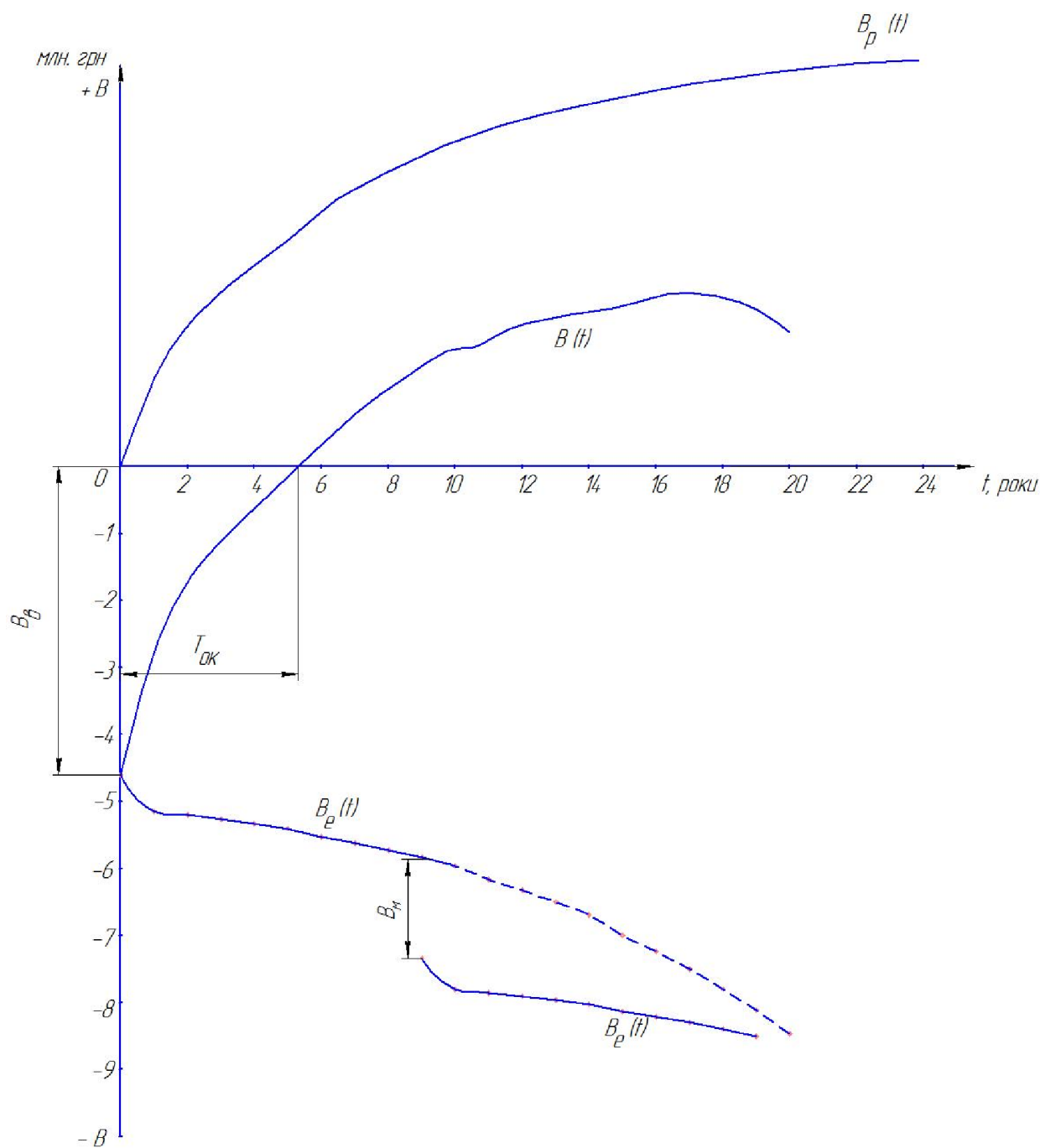


Рис. 2. Зміна економічної ефективності в часі з урахуванням модернізації тепловоза ЧМЕЗ у ЧМЕЗ з дводизельною енергосиловою установкою

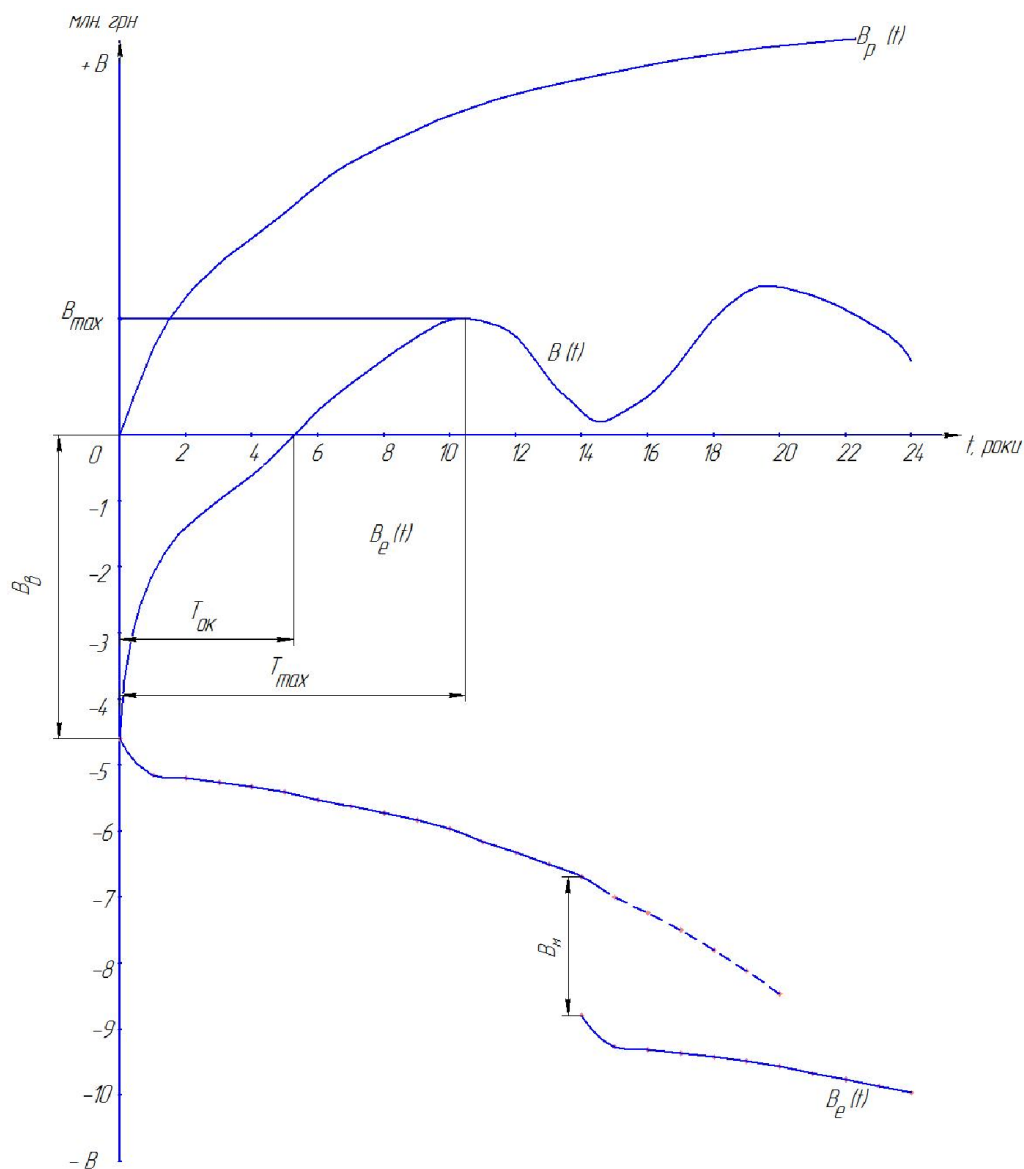


Рис. 3. Зміна економічної ефективності в часі з урахуванням модернізації тепловоза ЧМЕЗ у ЧМЕЗ з тридизельною енергосиловою установкою

### Список використаних джерел

1. Состояние локомотивного парка Укрзалізнички знос тепловозов составляет 97 %, электровозов – 90 % [Электронный ресурс]: информация. – Режим доступа: URL: <http://scbist.com/8652-sostoyanie-lokomotivnogo-parka-ukrzhaliznyci-iznos-teplo-vozov-sostavlyayet-97-elektrovozov-90-a.html>. – Загл. с экрана – (Дата обращения 5.08.2015).
2. Методы оценки жизненного цикла подвижного состава железных дорог [Текст]: монография / Э.Д. Тартаковский, С.Г. Грищенко, Ю.Е. Калабухин, А.П. Фалендыш. – Луганск: Ноулиндж, 2011. – 174 с.
3. Воронько, В.А. Расчет стоимости жизненного цикла тепловоза в условиях эксплуатации на Куйбышевской ж.-д. [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / Воронько Владислав Алексеевич. – М., 2005. – 148 с.

4. Консон, А.С. Экономика ремонта машин [Текст] / А.С. Консон – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1970. – 216 стр.
5. Канарчук, В.Є. Надійність машин [Текст]: підручник / В.Є. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв. – К.: Либідь, 2003. – 424 с.
6. Рябко, К.О. Аналіз шляхів модернізації тепловозів [Текст] // К.О. Рябко // Локомотив-інформ. – 2014. – №7. – С. 55-59.
7. Створення модернізованого тепловоза ЧМЕЗМ із дводизельною енергетичною установкою та накопичувачем електроенергії для залізниць України [Текст] / В.М. Самсонкін, М.В. Панасенко, О.М. Гончаров [та ін.] // Локомотив-інформ. – 2013. – №11. – С. 12-15.
8. Тишаєв, А.С. Трьохдизельний локомотив ЧМЕЗ еко з турботою про майбутнє [Текст] / А.С. Тишаєв, А.Ю. Зайцев // Техніка залізниць. – 2011. – № 4 (16). – С. 43-45.
9. Особенности ЭКО тепловозов [Электронный ресурс]: информация. – Режим доступа: URL: <http://scbist.com/zhurnal-lokomotiv/16006-nacionalnye-osobennosti-ekoteplovozov.html>. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 20.08.2015).
10. Просвиров, Ю.Е. Расчет стоимости жизненного цикла тепловоза в условиях эксплуатации на Куйбышевской ж.д. [Текст] / Ю.Е. Просвиров // Тез.докл. Всероссийской науч.-практ. конф. – СПб.: ПГУПС, 1990. – С. 74-77.

---

Поротікова Анна Анатоліївна, слухач ІППК, Український державний університет залізничного транспорту. E-mail: [porotikova91@mail.ru](mailto:porotikova91@mail.ru).

Крашенінін Олександр Семенович д-р техн. наук, професор, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту. E-mail: [glelan@mail.ru](mailto:glelan@mail.ru).

Porotikova Anna Anatolievna, listeners Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: [porotikova91@mail.ru](mailto:porotikova91@mail.ru).

Krasheninina Oleksandr Semenovich, doct. of techn. sciences, professor department of maintenance and repair of rolling stock Ukraine State University of Railway Transport. E-mail: [glelan@mail.ru](mailto:glelan@mail.ru).

Наукова праця здана до друку 22.09.2015 р.