

Ігор Мартинов^{1}, Юрій Калабухін², Альона Труфанова³*

¹ Професор, Кафедра інженерії вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-3514>

² Професор, Кафедра маркетингу, комерційної діяльності та економічної теорії, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3693-7607>

³ Доцент, Кафедра інженерії вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

* Автор, відповідальний за листування: martinov.hiit@gmail.com

КОНЦЕПЦІЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

У статті розглянуті питання концептуального підходу до визначення життєвого циклу пасажирського вагона. Парк пасажирських вагонів АТ Укрзалізниця в основному складають моделі, розроблені та виготовлені у 70-90 роки минулого століття на вагонобудівних заводах Німеччини та Росії. Вони застаріли як морально, так і фізично. Це обумовлює необхідність оновлення парку пасажирських вагонів за рахунок придбання вагонів як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Але в сучасних умовах користувача нової техніки цікавить не тільки ціна придбання, а й витрати після продажу, що відображається у вартості життєвого циклу.

Для пасажирського вагона запропоновано використовувати каскадну модель життєвого циклу. Визначено етапи життєвого циклу пасажирського вагона за умови експлуатації на залізницях України. Вважається, що він буде складатися з п'яти етапів. Розглянуті складові кожного етапу життєвого циклу пасажирського вагона.

Для транспортної компанії, яка має намір експлуатувати пасажирський вагон, витрати перших трьох стадій опосередковано виражені у початковій вартості вагону – ціні придбання.

Вартість життєвого циклу (ВЖЦ) пасажирського вагона буде визначатися підсумовуванням індивідуального відтоку грошових коштів (витрат) на кожному тимчасовому етапі (кроці розрахунку) терміну служби техніки. Оцінка вартості життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту може здійснюватися на будь-якій стадії життєвого циклу.

Ключові слова: пасажирський вагон, життєвий цикл, експлуатаційні витрати, технічне обслуговування, деповський ремонт.

Вступ. Термін служби переважної більшості вантажних та пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» істотно перевищив нормативні значення. Згідно з даними філії «Пасажирська компанія» АТ «Укрзалізниця» 67 % інвентарного парку відпрацювали свій ресурс. Переважна більшість пасажирських вагонів була збудована у 70-80 роки минулого століття. Вони неодноразово проходили деповські та капітальні ремонти, а також капітально-відновлювальний ремонт з подовженням терміну служби. Витрати на підтримку працездатності пасажирських вагонів за цей термін істотно перевищують витрати на придбання нового рухомого складу.

В практиці закупівель у Західній Європі всі тендерні пропозиції, які пов'язані з рухомих складом залізниць, наряду з багатьма критеріями вибору рішення обов'язково застосовується

критерій вартості життєвого циклу. Ці питання стандартизовані та є обов'язковими для виконання виробниками залізничного рухомого складу. Але деталізація та вдосконалення методик розрахунків вартості життєвого циклу продовжується. Це обумовлено тим, що наявність більш об'єктивної методики оцінки вартості життєвого циклу технічних засобів дає більше можливостей контролювати ринок. Завдання мінімізації сумарних витрат на здійснення життєвого циклу залізничної техніки, налагодження схеми ціноутворення, а також підвищення надійності та безпеки техніки, що експлуатується, є важливим як для її виробників, так і споживачів. Для вагобудівної промисловості мінімізація таких витрат підвищує конкурентоспроможність продукції і, отже, стимулює розширення ринку збуту та збільшення прибутку. Тобто це дозволить створити умови, що стимулюють виробників розвивати свою продукцію. Для операторів залізниць при цьому підвищується економічна ефективність її експлуатації. Тому відпрацювання методик оцінки вартості життєвого циклу рухомого складу є ключовим напрямом забезпечення високого рівня конкурентоспроможності продукції.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Дослідження життєвого циклу залізничного рухомого складу присвячено ряд публікацій як в нашій країні, так і за її межами.

Залізничний рухомий склад має обмежену тривалість свого існування на ринку, тобто він має свій життєвий цикл. Державним стандартом [1] встановлені стадії життєвого циклу та викладені загальні умови до процесів та змісту робіт протягом життєвого циклу.

Інформація про етапи життєвого циклу залізничного рухомого складу є вкрай важливою для підприємств, що займаються виготовленням рухомого складу. Вона дає можливість визначити ряд важливих показників ефективності його використання. Фахівцями УкрДУЗТ у монографії [2] викладено основні положення методології визначення життєвого циклу та його вартості щодо тягового рухомого складу. У науковій статті [3] надано історичну довідку щодо поняття вартості життєвого циклу, визначено основні області застосування вартості життєвого циклу, розкрито можливості використання вартості життєвого циклу в тендерних запитах, визначені складності в розрахунку вартості життєвого циклу.

В європейському суспільстві рішення, які приймаються щодо обслуговування та ремонту залізничного рухомого складу, багато в чому залежить від того, на якому етапі життєвого циклу знаходиться технічний об'єкт. Тому особливий інтерес представляють собою нормативні документи [4, 5], розроблені робочою групою Союзу європейської залізничної промисловості (UNIFE). Вони являють собою керівництво по розрахунку вартості життєвого циклу для країн Європейської спільноти.

В роботах [6, 7] розглянуті питання визначення вартості життєвого циклу рухомого складу та обґрунтовано науковий підхід до прогнозування витрат на утримання технічних об'єктів.

Аналіз концепцій життєвого циклу дозволяє вжити ряд заходів щодо зміни обсягів виробництва, обслуговування, ремонту, утилізації, які дають змогу мінімізувати витрати, досягти максимального прибутку і в кінцевому рахунку – продовжити найбільш прибуткові етапи життєвого циклу залізничного рухомого складу. Як приклад, автором монографії [8] розглянуто проблему оптимальної організації життєвого циклу виробів на прикладі машинобудівної галузі, в основі якої лежить поняття економічно обґрунтованого терміну служби машини. Розроблено принципи та запропоновано розрахункові методики оптимізації етапів проектування, виготовлення, експлуатації та утилізації виробу.

У дослідженнях [9, 10] подані теоретичні та методологічні аспекти оцінки вартості життєвого циклу технічних систем та практики прийняття рішень по управлінню життєвим циклом технічних систем на основі визначення його вартості.

У статті [11] авторами виконано техніко-економічне обґрунтування переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторного контролю граничних станів вузлів вантажних вагонів. При цьому встановлено, що за песимістичним прогнозом можна досягти зменшення вартості життєвого циклу напіввагона моделі 12-7023.

Концепція життєвого циклу є основоположною для успішного впровадження комплексного

підходу надійності, ризиків, вартості життєвого циклу на залізничному транспорті. В роботі [12] розглядається обґрунтування правомірності застосування байєсівської моделі (БМ) для розрахунків показників надійності вантажного вагона на етапах життєвого циклу. На підставі експериментальних даних були визначені показники надійності деталей і вузлів вантажних вагонів. Методика, яка була представлена, дозволяє використовувати адаптовані БМ для оцінювання показників надійності вантажного вагона на етапах життєвого циклу, а також оптимізувати міжремонтний термін і кількість ремонтів протягом життєвого циклу моделі вагона, при цьому забезпечується облік конструктивних особливостей.

Слід зазначити, що всі проаналізовані роботи розглядають загальні питання визначення життєвого циклу залізничного рухомого складу. Поза увагою дослідників залишились питання визначення характеру та закономірностей аналізу життєвого циклу пасажирських вагонів.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є формування концептуального підходу до визначення поняття життєвого циклу пасажирського вагона в умовах експлуатації Української залізниці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

провести аналіз існуючих моделей життєвого циклу та запропонувати відповідну модель щодо життєвого циклу пасажирського вагона;

сформувати концепцію життєвого циклу пасажирського вагона;

систематизувати склад основних етапів життєвого циклу пасажирського вагона.

Матеріали та методи дослідження. Під життєвим циклом об'єкта залізничного транспорту розуміють послідовність етапів, кожен із яких містить завдання, протягом усього терміну служби – від вихідної концепції до виведення з експлуатації та утилізації. Життєвий цикл зумовлює структуру планування, управління, контролю та перевірки для всіх аспектів функціонування об'єкта, включаючи надійність та безпеку. Метою дослідження життєвого циклу є аналіз ресурсів, що використовуються при виготовленні, використанні та утилізації виробу.

Тривалість життєвого циклу рухомого складу являє собою період між формуванням концепції його виготовлення та використання та вилученням з обігу. Для одиниць рухомого складу залізниць тривалістю життєвого циклу зазвичай вважають термін їхньої служби. Він визначається як повна календарна тривалість експлуатації одиниці рухомого складу до її виключення зі складу основних фондів. Виходячи з цього, основними елементами життєвого циклу залізничного рухомого складу є:

- виявлення потреб ринку та можливостей постачальників;
- генерація ідей, їх фільтрація, ідентифікація;
- технічно-економічна експертиза;
- науково-дослідні роботи та (на їх підставі) дослідно-конструкторські роботи;
- маркетингові дослідження;
- підготовка виробництва;
- виробництво та збут;
- експлуатація;

Стосовно пасажирських вагонів можна прийняти, що вони мають п'ять стадій життєвого циклу:

- формування концепції вагона;
- проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт;
- виготовлення вагону, якому передують всі види підготовки виробництва;
- експлуатація вагона з проведенням супутніх заходів щодо навчання персоналу, оновлення ремонтної бази для забезпечення своєчасного та якісного ремонту та технічного обслуговування;

- вилучення (ліквідація, утилізація).

Моделі життєвого циклу технічного об'єкта можуть бути різними. Це обумовлено як їх різноманітністю, так і специфікою їх використання. Незважаючи на те, що життєві цикли для кожного окремо взятого випадку можуть суттєво відрізнятися, але існують деякі загальноприйняті моделі, які можуть стати базовою основою. Так, для програмного

забезпечення доцільно використання моделей, які відрізняються своєю циклічністю та мають вигляд спіралі («спіральна модель») [13]. Особливість цієї моделі полягає в тому, що кожна фаза відображає свою ефективність та ризики, які пов'язані зі зовнішніми факторами. Кожен виток спіралі передбачає створення фрагмента (компонента) чи версії програмного продукту. На них уточнюються цілі та характеристики проекту, визначається його якість та плануються роботи наступного витка спіралі.

Інкрементна розробка є процесом часткової реалізації всієї системи та поступового нарощування функціональних можливостей [14]. Цей підхід дозволяє зменшити витрати до досягнення рівня вихідної продуктивності. Найбільш актуальним та обґрунтованим її використання інкрементної моделі буде у тому випадку, коли передбачається складна та масштабна робота з великою кількістю дрібних складових та реалізація відбувається частинами.

V-подібна модель життєвого циклу спрямована на спрощення розуміння складнощів, які пов'язані з розробкою. Її доцільно застосовувати, коли особливо важливе безперервне функціонування системи.

Проведений аналіз принципів особливостей моделей життєвого циклу свідчить, що для нашого випадку найбільш підходить модель каскадного типу. Ця модель відображає потік послідовних фаз аналізу, проектувань та реалізації. Стосовно життєвого циклу залізничних вагонів каскадна модель має суттєві переваги: вона доступна для розуміння; проста і зручна у застосуванні, оскільки процес розробки виконується поетапно; стадії моделі досить добре визначені та зрозумілі, відрізняється стабільністю вимог; визначає процедури контролю якості. Тобто по кожній дії визначається певний перелік завдань (рис. 1).

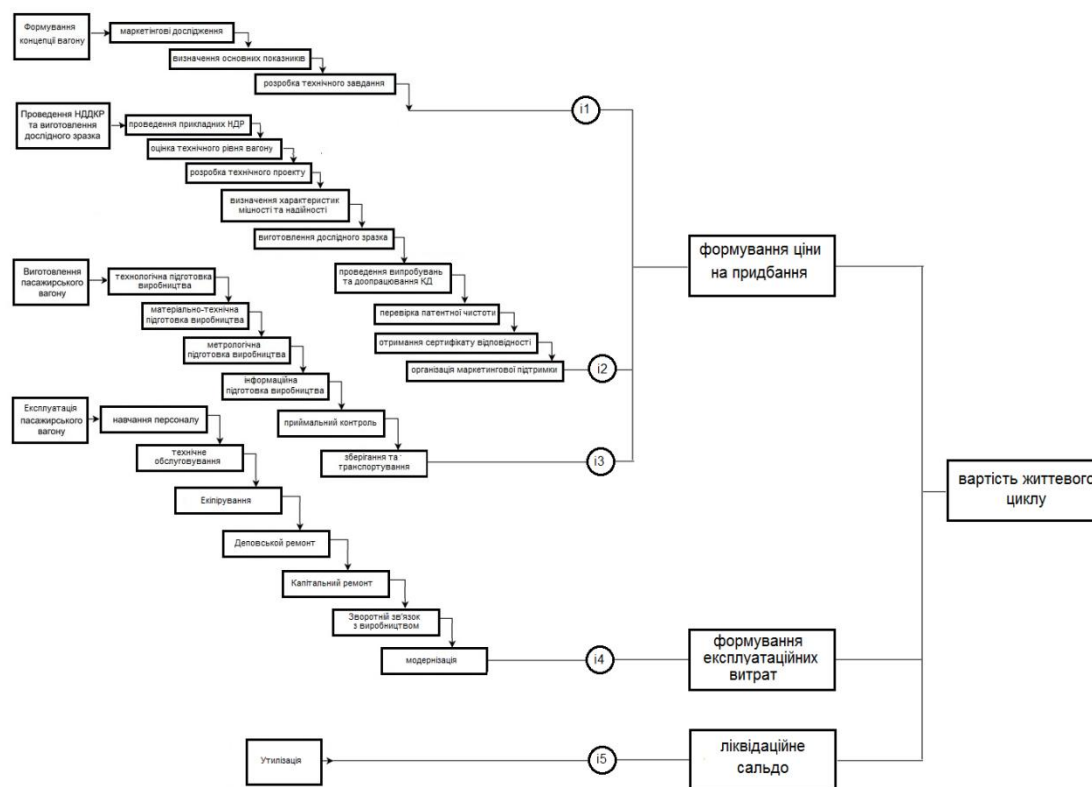


Рис. 1. Каскадна модель життєвого циклу пасажирського вагона

Аналізуючи подану каскадну модель, необхідно зазначити, що етап формування концепції

вагону включає в себе процеси проведення маркетингових досліджень як замовника, так і постачальника вагону (аналіз пасажиропотоків, визначення наявності поточної або перспективної потреби у вагонах даного типу). Після цього відбувається формування вихідних технічних вимог до вагону (визначення основних вимог до міцності, надійності, плавності руху, пожежної безпеки, естетичні та ергономічні показники, нормування вимог до якості та екологічної безпеки). На підставі отриманих результатів формується та узгоджується технічне завдання на розробку та виготовлення вагону. Далі проводиться конкурс (тендер) серед підрядників (постачальників) на розробку та виготовлення вагону та розробляється проект договору створення вагону.

Етап «Проведення НДДКР та виготовлення дослідного зразка» включає процеси проведення фундаментальних, пошукових та прикладних науково-дослідних робіт для визначення шляхів і принципів раціонального створення нового (модернізованого) вагону, детального прогнозування вартості життєвого циклу вагону. Ці роботи повинні виконуватися із залученням передових досягнень науковців у галузі вагонобудування, виконання ДКР з розробки та створення дослідних зразків нового (модернізованого) залізничного рухомого складу, проведення всіх видів випробувань та корегування конструкторської документації за їх результатами.

Оцінка технічного рівня вагону вирішує такі завдання:

- обґрунтування вимог, що закладаються у технічне завдання на розробку продукції та нормативно-технічну документацію;
- прийняття рішень про постановку продукції на виробництво;
- обґрунтування доцільності заміни чи зняття своєї продукції з виробництва;
- формулювання пропозицій щодо експорту та імпорту

Конструкторська документація (КД) необхідна всіх етапах життєвого циклу вагона – починаючи з його проектування і виробництва та закінчуючи експлуатацією, ремонтом, утилізацією. Вона містить у собі всі дані, необхідні та достатні для виготовлення, контролю, приймання, постачання, експлуатації та ремонту вагона, що розробляється.

За результатами попереднього етапу відповідними фахівцями розрахунковими методами виконується перевірка міцності та надійності елементів конструкції вагона, що розробляється. Проведені розрахунки дають можливість вже на даному етапі скорегувати окремі елементи конструкції вагона та приступити до виготовлення дослідного зразку.

Дослідний зразок – це зразок продукції, виготовлений за новою розробленою робочою документацією [15]. Він створюється відповідно до всіх заявлених вимог і повинен виконувати всі функції, зумовлені кресленнями та технічним завданням. Основною метою його виготовлення є перевірка шляхом випробувань відповідності заданим технічним вимогам з метою ухвалення рішення щодо можливості постановки на виробництво та використання за призначенням.

Основою для виготовлення дослідного зразка, випробування його на відповідність нормам та контролю якості є конструкторська документація. Під час розробки експериментального зразка до неї вносяться різні корективи, виходячи з результатів випробування. Тільки після внесення необхідних поправок допускається масове чи серійне виготовлення виробів.

Дослідні зразки продукції піддають контрольним випробуванням. Попередні випробування – це випробування, які проводяться з метою попередньої оцінки відповідності дослідного зразка продукції вимогам технічного завдання (ТЗ), а також визначення готовності дослідного зразка до приймальних випробувань.

Приймальні випробування – це випробування, які проводяться з метою оцінки всіх певних ТЗ характеристик продукції, перевірки та підтвердження відповідності дослідного зразка продукції вимогам ТЗ в умовах, максимально наближених до умов реальної експлуатації (застосування, використання) продукції, а також для прийняття рішень щодо можливості промислового виробництва та реалізації продукції [15].

Процес проведення пошуку на патентну чистоту належить до науково-дослідних дослідно-конструкторських робіт, розробки нових об'єктів, проектування підприємств та інших об'єктів капітального будівництва, а також розробки проектів стандартів.

Патентна чистота – це юридична властивість об'єкта інтелектуальної власності, що полягає в

тому, що він може бути вільно використаний в цій країні без небезпеки порушення патентів, що діють на її території, що належать третім особам [15]. Мета пошуку на патентну чистоту – виявити використані в об'єкті ознаки запатентованого винаходу, незважаючи на відмінності в інших ознаках.

Під час перевірки на патентну чистоту перевіряється конструкція вагону взагалі, оцінці піддаються все (чи більшість) реалізованих у ньому технічних рішень. Пошук проводиться по кожній країні окремо. Приймаються до уваги патентні закони, правила та судова практика всіх країн, щодо яких проводиться пошук.

Після завершення попередніх робіт органом з сертифікації залізничного транспорту України, уповноваженим на виконання робіт в державній Системі сертифікації УкрСЕПРО, проводиться сертифікація пасажирського вагона. Далі виробником проводиться маркетингові заходи щодо забезпечення реалізація вагона.

Етап «Виготовлення пасажирського вагона» включає в себе підготовку щодо забезпечення готовності підприємства до виробництва та випуску (постачання) у заданому обсязі нового (модернізованого) пасажирського вагона відповідно до вимог технічного завдання та конструкторської документації, створення або удосконалення технологічних процесів його виготовлення, а також процес припинення виробництва (зняття з виробництва) залізничного рухомого складу. В цей етап входять технологічна, метрологічна та інформаційна підготовка виробництва; матеріально-технічне постачання (закупівлі); вхідний контроль та здійснення виробничого процесу виготовлення від настановної та головної контрольної серії до встановленого потоку продукції; забезпечення ідентифікації продукції; приймальний контроль та проведення випробувань готової продукції; аналіз, використання та утилізація продукції, що не відповідає вимогам; коригування технології та виробничого процесу; підготовка продукції до транспортування та зберігання; технічна допомога споживачам в обслуговуванні, ремонті та утилізації продукції.

Наступний етап «Експлуатація пасажирського вагона» складається із заходів щодо впровадження вагона в експлуатацію з проведенням супутніх заходів щодо навчання персоналу та підготовкою ремонтної бази. Цей етап включає процеси прийняття транспортною компанією (підрозділом) вагона, введення його в робочий парк вагонів для безпосереднього використання відповідно до призначення (у тому числі гарантійний строк), підтримка парку вагонів в установленому ступені його готовності до використання шляхом проведення комплексу заходів (у тому числі технічного обслуговування та ремонту), спрямованих на забезпечення та (або) відновлення працездатності та справності вагонів.

Технічне обслуговування характеризується процесами, спрямованими на своєчасну заміну частини обладнання вагонів на нове для покращення його споживчих властивостей [16].

Для пасажирських вагонів встановлено такі види технічного обслуговування:

- ТО-1 – виконується перед відправленням у рейс у пунктах формування та обороту, а також на шляху прямування;
- ТО-2 – виконується перед початком літніх та зимових перевезень;
- ТО-3 – єдина технічна ревізія основних вузлів пасажирських вагонів через 6 місяців після побудови, планового ремонту або попередньої ревізії з відчепленням від поїзда в пунктах формування.

Крім перелічених видів технічного обслуговування (ТО) може також проводитися поточний ремонт (ПР) з відчепленням вагона від складу поїзда на шляху прямування або в пунктах формування та обороту.

До поточного утримання пасажирських вагонів входить: технічний огляд, поточний ремонт, екіпірування, санітарна обробка та обслуговування вагонів на шляху прямування.

Технічний огляд здійснюється у парках прибуття, формування та відправлення. Робота ПТО здійснюється залежно від чинного розкладу руху пасажирських поїздів. Ці пункти мають забезпечити якісну підготовку складів у рейс. Персонал ПТО несе повну відповідальність за безпечний та безвідчипний рух оброблених складів протягом усього рейсу.

Екіпірування пасажирських вагонів полягає в санітарному огляді, вологій дезінфекції та дезінсекції за встановленим графіком, зовнішнім обмиванням, внутрішнім прибиранням, заміною використаної білизни чистим, постачанням водою, знімним інвентарем, а в холодний час і паливом. Всі ці роботи виконують спеціалізовані бригади екіпіровки. Вагони постачають водою з водорозбірних колонок на екіпірувальних пунктах станцій формування та обороту складів або на приймально-відправних коліях проміжних станцій; паливом (вугіллям) забезпечують з настанням опалювального сезону, а опалюють при зниженні температури зовнішнього повітря до +10 °С.

Білизною, постільним приладдям, інвентарем, обладнанням пасажирські потяги (вагони) забезпечують контори обслуговування пасажирів. При екіпіруванні в першу чергу вагони постачають матрацами, подушками, потім ковдрами та постільною білизною, знімним інвентарем, настільними іграми (шашки, доміно, шахи), чаєм, цукром, печивом та іншими предметами чайної торгівлі.

ДР (деповський ремонт) – це плановий ремонт вагонів, що проводиться між капітальними ремонтами, з метою відновлення їх працездатності, з заміною чи ремонтом деяких складових частин, а також модернізацією, за необхідності, окремих вузлів.

Капітальні ремонти (КР-1, КР-2) повинні виконуватися на вагоноремонтних заводах з метою відновлення технічного стану вагонів шляхом заміни несправних складових частин та деталей відремонтованими або новими, а також, за необхідності, модернізація окремих вузлів. Вони відрізняються один від одного обсягом робіт, що виконуються.

Діяльність по забезпеченню зворотного зв'язку з виробництвом полягає у збиранні інформації про роботу пасажирських вагонів в експлуатації, визначення «вузьких місць» в конструкції для поліпшення роботи вагона.

При модернізації можливе виконання робіт, які забезпечують подовження терміну служби вагонів. Модернізація може також проводитись з метою покращення техніко-економічних показників пасажирських вагонів.

На останньому етапі «Утилізація» проводять комплекс документованих організаційно-технологічних заходів щодо списання одиниці залізничного рухомого складу, ліквідації та видалення відходів складових частин залізничного рухомого складу зі складанням опису складових частин, що підлягають зняттю із залізничного рухомого складу та придатних для повторного використання.

Вартість життєвого циклу (ВЖЦ) пасажирського вагона буде визначатися підсумовуванням індивідуального відтоку грошових коштів (витрат) на кожному тимчасовому етапі (кроці розрахунку) терміну служби техніки.

Для транспортної компанії, яка має намір експлуатувати пасажирський вагон, витрати перших трьох стадій опосередковано виражені у початковій вартості вагону – ціні придбання.

Витрати на експлуатацію (річні експлуатаційні витрати) – це поточні витрати на експлуатацію рухомого складу та складних технічних систем. Вони розраховуються відповідно до номенклатури доходів та витрат за видами діяльності транспортної компанії та складаються з витрат на енергоресурси та витратні матеріали, утримання експлуатаційного персоналу, очищення та обмивання рухомого складу, технічне обслуговування, поточні, капітальні та непланові ремонти.

У складі річних експлуатаційних витрат на утримання експлуатаційного персоналу враховуються витрати на оплату праці працівників вагонних депо, пунктів екіпірування.

У складі доходів за період експлуатації залізничного транспортного засобу необхідно врахувати доходи від безпосередньої експлуатації вагона та його ліквідаційну вартість.

Продуктивність рухомого складу збільшується за рахунок оновлення парку, покращення його характеристик, зменшення витрат на виробництво та експлуатацію; для кожного виду рухомого складу – індивідуально. При цьому заходи щодо збільшення продуктивності вагонів повинні відповідати економічній ефективності роботи транспорту.

Для рухомого складу залізничного транспорту річні експлуатаційні витрати на ремонт групуються за такими економічними елементами:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні заходи;
- амортизація;
- інші операційні витрати.

До складу одноразових витрат входять вартість одиниці рухомого складу (ціна придбання) та супутні капітальні вкладення (інвестиції), які необхідно здійснювати при впровадженні їх в експлуатацію.

Ліквідаційна вартість рухомого складу визначається на кінцевому етапі їх використання. До неї входять витрати на виведення з експлуатації та утилізацію: кошти, що отримуються від вторинного використання запасних частин та металобрухту; витрати, пов'язані з демонтажем обладнання, що не підлягає ремонту змінних частин та деталей; витрати на транспортування.

Вартість життєвого циклу рухомого складу залізниць залежить від багатьох факторів, які визначаються виробником, оператором рухомого складу, оператором інфраструктури, а також компанією, яка обслуговує рухомий склад.

Вартість життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту включає витрати одноразового (інвестиції) та поточного характеру (експлуатаційні витрати) за термін служби (термін корисного використання), а також ліквідаційні витрати, пов'язані з виключенням об'єкта з експлуатації.

Оцінка вартості життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту може здійснюватися на будь-якій стадії життєвого циклу. Однак потреба в такій оцінці виникає, перш за все, на етапі придбання при порівнянні з аналогами та на етапі експлуатації при моніторингу економічних показників з метою підтвердження початкових оцінок вартості життєвого циклу.

Вартість життєвого циклу (LCC) технічної системи залізничного транспорту за такого підходу визначається за формулою:

$$LCC = C_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^T (I_t + \Delta K_t - L_t) \cdot \eta_t, \quad (1)$$

де $C_{\text{пр}}$ – ціна придбання технічної системи (первісна вартість), тис. грн.;

I_t – річні експлуатаційні витрати технічної системи, тис. грн.;

ΔK_t – супутні одноразові витрати, пов'язані з впровадженням технічної системи в експлуатації, тис. грн.;

L_t – ліквідаційна вартість технічної системи (ліквідаційне сальдо), тис. грн.;

η_t – коефіцієнт дисконтування;

t – поточний рік експлуатації;

T – термін корисного використання, який встановлюється відповідно до технічних вимог або іншої нормативної документації, років.

З позиції формування грошових потоків вартість життєвого циклу технічних систем залізничного транспорту є сумою індивідуального впливу коштів на кожному тимчасовому етапі терміну їх використання. Слід зазначити, що у разі необхідності адаптації інфраструктури компанії до параметрів нового вагону питомі витрати на її здійснення (тобто в розрахунку на один вагон) враховуються як складові вартості життєвого циклу.

До складу одноразових витрат входять вартість вагону (ціна придбання) та супутні капітальні вкладення (інвестиції), які необхідно здійснювати під час впровадження в експлуатацію.

До супутніх належать витрати:

на обладнання деповської та заводської ремонтних баз, у тому числі витрати на придбання

додаткового випробувального та ремонтного обладнання, діагностичної та перевіркової апаратури, спеціального інструменту, розширення наявних площ тощо;

на збільшення протяжності станційних колій (у разі підвищення вагових норм складів);

на навчання обслуговуючого персоналу (у разі, якщо ці витрати не включені в контрактну вартість об'єкта) та ін.

Річні експлуатаційні витрати визначаються відповідно до [17] та складаються з наступних елементів витрат: оплата праці; відрахування на соціальні заходи; матеріальні витрати; амортизація та інші витрати.

Ліквідаційна вартість технічної системи визначається кінцевому етапі її використання. До її складу входять витрати на виведення з експлуатації та утилізацію: кошти, які отримують від вторинного використання запасних частин та металобрухту, витрати, пов'язані з демонтаж обладнання, що не підлягає ремонту змінних частин і деталей, витрати на транспортування та інші витрати.

Слід зазначити, найбільш очевидна частина витрат (придбання вагона) є меншою частиною вартості життєвого циклу. Більша частина сукупних витрат припадає на витрати з технічного обслуговування та експлуатації вагонів та на момент покупки є неочевидною. Мінімізація вартості життєвого циклу вагону веде до підвищення чистої дисконтованої вартості проекту щодо її придбання та відповідно підвищує капіталізацію компанії. Таким чином, визначення вартості життєвого циклу вагона вимагає наявності докладної інформації про витрати на придбання та експлуатацію та технічне обслуговування технічних систем. За оцінками експертів вартість експлуатації вагонів та їх підтримання у працездатному стані виявляється вищою за вартість придбання у кілька разів.

Концепція вартості життєвого циклу пасажирського вагона при обґрунтуванні управлінських рішень на основі параметричної моделі дозволяє об'єктивно оцінити умови ефективності її впровадження, а також провести аналіз чутливості окремих елементів за зміни кон'юнктури ринків споживаних ресурсів, постачальників, капіталу та ін.

Висновки. На підставі аналізу світового досвіду використання різних моделей життєвого циклу та сучасного підходу до оновлення залізничної техніки запропонована каскадна модель життєвого циклу пасажирського вагона.

Запропонована концепція життєвого циклу пасажирського вагона. Визначено основні етапи життєвого циклу пасажирського вагона. Враховано особливості експлуатації та утримання в технічно справному стані пасажирських вагонів за умов залізниць України.

Концепція життєвого циклу пасажирського вагона, яку запропоновано, дозволить в подальшому систематизувати технічні, технологічні, економічні та екологічні аспекти формування вартості життєвого циклу з метою мінімізації витрат, що пов'язані з втіленням та експлуатацією зразків нової техніки, а також визначити її лімітну ціну.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ГОСТ 31538-2016. Цикл життєвий залізничного рухомого складу. Загальні вимоги. (ГОСТ 31538- 2012 IDT). [Чинний від 2016-10-01]. Київ : Держстандарт України, 2016. 10 с. (Національні стандарти України).
2. Методы оценки жизненного цикла подвижного состава железных дорог : монография / Э. Д. Тартаковский и др. Луганск : Ноулидж, 2011. 174 с.
3. Понтисселли Кристиан. Стоимость жизненного цикла железнодорожного подвижного состава. От теории к практике. // Техника железных дорог. 2009. №4 (8). С. 19-24.
4. UNIFE, Guideline for Life Cycle Cost, Vol. 1, Terms & Definitions for Rolling Stock, 1997.
5. UNIFE, Guideline for Life Cycle Cost, Vol. 2, Terms & Definitions for Rolling Stock, 2001.
6. Achieving Availability Cost-effectively in complex Systems, P. Dersin (ALSTOM Transport); Tutorial, RAMS 2009, Fort Worth, TX, USA.
7. Selecting Test and Maintenance Strategies to achieve Availability Target with lowest Life Cycle Cost, P. Dersin, F. Perrone, C. Arroum (ALSTOM Transport) RAMS 2008, Las Vegas, NE, USA.
8. Петрушин С. И. Техноэкономика. Оптимизация жизненного цикла изделий машиностроения : Монография. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2010. 139 с.
9. Терешина Н. П., Подсорин В. А. Управление жизненным циклом технических систем на железнодорожном транспорте : учебник для вузов. Москва : Вега-Инфо, 2012. 316 с.

10. Подсорин В. А. Оценка жизненного цикла подвижного состава : учеб.-метод. пособие. Москва : МГУПС (МИИТ), 2016. 34 с.
11. Шапошник В. Ю. Теоретичні дослідження процесу зміни технічного стану вантажних вагонів під час експлуатації. // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2018. № 4 (76). С. 134–141.
12. Мямлін С. В., Скалозуб Л. А., Мурадян Л. А. Адаптивні байєсівські моделі оцінювання показників надійності вантажних вагонів на етапах життєвого циклу. // 36. наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2018. Вип. 182. С. 80-90.
13. Лаврищева К. М. Програмна інженерія. Київ : Академперіодика, 2008. 319 с.
14. Kossiakoff A., Sweet W. N., Seymour S. J., Biemer S. M. Systems Engineering Principles and Practice. Hoboken, New Jersey: A John Wiley & Sons, 2011. 599 с.
15. ДСТУ ГОСТ 15.902-2017 Система разработки и постановки продукции на производство. Железнодорожный подвижной состав. Порядок разработки и постановки на производство (ГОСТ 15.902-2014, IDT). [Чинний від 2017-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2017. 31 с. (Національні стандарти України).
16. Вагонное хозяйство : учебник / П. А. Устич и др. Москва : Маршрут, 2003. – 560 с.
17. Номенклатура витрат з основних видів економічної діяльності залізничного транспорту України. Київ : ПАТ «Укрзалізниця». 2018. 451 с. Затверджена наказом ПАТ «Укрзалізниця» від 01.11.2018 р. № 669-Ц.

REFERENCES

1. Tsykl zhyttievyi zaliznychnoho rukhomoho skladu. Zahalni vymohy. [Life cycle of railway rolling stock. General requirements]. (2016). DSTU GOST 31538-2016 from June 1, 2016. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
2. Tartakovskiy, E. D. Grishchenko, S. G., Kalabukhin, Yu. E., & Falendysh, A. P. (2011). *Metody otsenki zhiznennogo tsikla podvizhnoho sostava zheleznykh dorog* [Methods for assessing the life cycle of rolling stock of railways]. Luhansk: Noulydzh [in Russian].
3. Pontysselly Krystyan. (2009) Stoymost zhyznennoho tsykla zheleznodorozhnoho podvizhnoho sostava. Ot teoryy k praktyke [Railway rolling stock life cycle cost. From theory to practice]. *Tekhnika zheleznykh dorog – Railway engineering*, 4 (8), 19-24. [in Russian].
4. UNIFE, Guideline for Life Cycle Cost, Vol. 1, Terms & Definitions for Rolling Stock, 1997.
5. UNIFE, Guideline for Life Cycle Cost, Vol. 2, Terms & Definitions for Rolling Stock, 2001.
6. Achieving Availability Cost-effectively in complex Systems, P. Dersin (ALSTOM Transport); Tutorial, RAMS 2009, Fort Worth, TX, USA.
7. Selecting Test and Maintenance Strategies to achieve Availability Target with lowest Life Cycle Cost, P. Dersin, F. Perrone, C. Arroum (ALSTOM Transport) RAMS 2008, Las Vegas, NE, USA.
8. Petrushin, S. I. (2010). *Tekhnioekonomika. Optimizatsiya zhiznennogo tsikla izdelii mashinostroeniya* [Technoeconomics. Optimization of the life cycle of mechanical engineering products]. – Tomsk: Izdatelstvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta [in Russian].
9. Tereshina, N. P., & Podsorin V. A. (2012). *Upravlenie zhiznennym tsiklom tekhnicheskikh sistem na zheleznodorozhnom transporte: uchebnik dlya vuzov* [Life cycle management of technical systems in railway transport: a textbook for universities]. Moskva: Vega-Info [in Russian].
10. Podsorin, V. A., & Kharitonova A. V (2016). *Otsenka zhyznennoho tsykla podvizhnoho sostava* [Rolling stock life cycle assessment]. Moskva: MHUPS (MIIT) [in Russian].
11. Shaposhnik, V. Yu. (2018). Teoretichni doslidzhennya protsesu zmini tekhnichnogo stanu vantazhnykh vagoniv pid chas ekspluatatsii [Theoretical studies of the process of changing the technical condition of freight cars during operation]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*. 4 (76), pp. 134-141 [in Ukrainian].
12. Myamlin, S. V., Skalozub, V. V., & Muradyan, L. A. (2018). Adaptivni baiesivski modeli otsinyuvannya pokaznykiv nadiinosti vantazhnykh vagoniv na etapakh zhittevoho tsiklu [Adaptive Bayesian models for assessing the reliability of freight cars at the stages of the life cycle] *Zbirnik naukovykh prats Ukrainського derzhavnogo universitetu zaliznychnoho transportu. – Collected scientific works of Ukrainian state university of railway transport*, 182, pp. 80-90 [in Ukrainian].
13. Lavrishcheva, K. M. (2008). Programna inzheneriya [Software engineering]. Kyiv: Akadempriodika [in Ukrainian].
14. Kossiakoff A., Sweet W. N., Seymour S. J., Biemer S. M. Systems Engineering Principles and Practice. Hoboken, New Jersey: A John Wiley & Sons, 2011. 599 с.
15. Sistema razrabotki i postanovki produktsii na proizvodstvo. Zheleznodorozhnyiy podvizhnoy sostav. Poryadok razrabotki i postanovki na proizvodstvo [System of development and launching into manufacture. Railway rolling stock. Procedure of development and launching into manufacture]. (2016). DSTU GOST 15.902-2017 from July 1, 2017. [in Ukrainian].
16. Ustich, P. A., Haba I. I., Ivashov V. A., Orlov M. V., & Ivanov A. A. (2003). Vagonnoe hozyaystvo [Wagon economy]. Moskva: Marshrut [in Russian].
17. *Nomenklatura vytrat z osnovnykh vydiv ekonomichnoi diialnosti zaliznychnoho transportu Ukrainy* [Nomenclature of costs for the main types of economic activity of railway transport of Ukraine] (2018). – Kyev: Ukrzaliznytsia [in Ukrainian].

Martynov Igor Sc.D.

(Professor of Department Wagon engineering and product quality, Ukrainian State University of Railway Transport)

Alyona Trufanova Ph.D.

(Associate Professor of Department Wagon engineering and product quality, Ukrainian State University of Railway Transport)

Yuri Kalabukhin Sc.D.

(Professor of Department Marketing, business activity and economic theory, Ukrainian State University of Railway Transport)

THE CONCEPT OF THE PASSENGER CAR LIFE CYCLE

The article deals with the issues of a conceptual approach to determining the life cycle of a passenger car. The fleet of passenger car mainly consists of models developed and manufactured in the 70-90s of the last century at car plants in Germany and Russia. They are obsolete both morally and physically. This necessitates the renewal of the passenger car fleet by purchasing cars of both domestic and foreign production. In modern conditions, the user of new technology is interested not only in the purchase price, but also in the after-sales costs. This is reflected in the life cycle cost.

It is proposed to use a cascade life cycle model for a passenger car. The stages of the life cycle of a passenger car during operation on the railways of Ukraine have been determined. The components of each stage of the life cycle of a passenger car are considered.

For a transport company that intends to operate a passenger car, the costs of the first three stages are directly expressed in the initial cost of the car - the purchase price.

The life cycle cost (LCC) of a passenger car will be determined by summing up the individual outflow of funds (expenses) at each specific stage (calculation step) of the service life of the equipment. The life cycle assessment of the technical system of railway transport can work at any stage of the life cycle.

Keywords: *passenger car, life cycle, operating costs, maintenance, depot repairs.*