

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

УДК 629.42.004.69 + 06

DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_77

Е. В. Валенцева, С. А. Шапшал, А. С. Шапшал

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В ЦЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДОВ

Аннотация. На примере предложенной модели движения грузового поезда с заданным профилем пути, и разными сериями тягового подвижного состава с заданными техническими характеристиками, была реализована практика определения стоимости жизненного цикла тягового подвижного состава по вариантам. Также приведены примеры использования полученных результатов с целью оптимизации расходов за жизненный цикл тягового подвижного состава.

Ключевые слова: жизненный цикл, тяговой подвижной состав, стоимость жизненного цикла, эффект, оптимизация расходов.

Для цитирования: Валенцева, Е. В. Практическая реализация расчета стоимости жизненного цикла тягового подвижного состава и использование его в целях оптимизации расходов / Е. В. Валенцева, С. А. Шапшал, А. С. Шапшал // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 4. – С. 77–83. – DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_77.

Современная практика оценки эффективности инновационных проектов в области проектирования, модернизации тягового подвижного состава (ТПС) связана с его жизненным циклом (рис. 1).



Рис. 1. Этапы жизненного цикла тягового подвижного состава

На первом этапе, в зависимости от прогноза объема перевозок на перспективу, программы поставки парка ТПС, разрабатываются технические требования и проводится расчет стоимости жизненного цикла (Product Life Cycle Cost – LCC) ТПС, способа приобретения ТПС и условий оплаты.

На втором этапе, планируются прямые эксплуатационные расходы – расходы на топливо, электроэнергию на тягу, смазку, обтирку локомотива, экипировочные расходы, расходы на заработную плату локомотивных бригад с учетом страховых взносов.

На третьем этапе, планируются расходы на плановые и неплановые ТОиР, а также капитальный ремонт (КР) за весь жизненный цикл ТПС.

В случае продолжения целесообразности эксплуатации морально устаревшего ТПС необходима оценка модернизации ТПС, что потребует разработки технических требований, планирования расходов как на модернизацию и эксплуатацию, ТО, ТР и КР. Таким образом, производится оценка целесообразности модернизации ТПС или приобретение нового ТПС.

На четвертом этапе планируются процедуры и расходы на утилизацию вследствие полного морального и физического износа ТПС.

В основе концепции жизненного цикла тягового подвижного состава на железнодорожном транспорте лежат следующие нормативно-правовые документы:

- Межгосударственный стандарт ГОСТ 31539-2012. «Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава» (введен в действие Приказом Госстандарта № 1171-ст от 26.11.2012) [1];

- Национальный стандарт РФ ГОСТР 27.202-2012. «Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла» (введен в действие Приказом Росстандарта № 439-ст от 27.09.2012 г.) [2];

- Распоряжение ОАО «РЖД» от 17 марта 2008 г. № 509р «О регламенте определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта» (с изменениями от 02 сентября 2008 г.) [3].

Согласно [3], стоимость жизненного цикла (СЖЦ) ТПС, представляет собой сумму затрат на капитальные вложения и операционную деятельность – на этапах жизненного цикла ТПС:

$$\text{СЖЦ(LCC)} = \sum_{t_n}^{T=t_k} K_{\Pi} + \sum_{t_n}^{T=t_k} (\Delta K_{\text{соп}} + I_t - L_t) \cdot \alpha_t, \quad (1)$$

где K_{Π} – цена приобретения (модернизации) локомотива, тыс. руб.;

$\Delta K_{\text{соп}}$ – сопутствующие единовременные затраты, связанные с внедрением локомотива в эксплуатацию, тыс. руб.;

I_t – годовые операционные расходы (эксплуатация, текущий ремонт и техническое обслуживание локомотива), тыс. руб.;

L_t – расходы на ликвидацию (утилизацию) локомотива, тыс. руб.;

α_t – коэффициент дисконтирования;

t_n – год начала приобретения нового локомотива;

T – год начала ликвидации (утилизации) ТПС, который устанавливается в соответствии с техническими требованиями.

В соответствии с требованиями к анализу для конкретного применения критерия стоимости жизненного цикла отбираются необходимые этапы жизненного цикла или их комбинации [2]. Чаще всего это касается эксплуатации ТПС (прямые эксплуатационные расходы: расходы на тягу, расходы на содержание локомотивных бригад, расходы на экипировку), а также технического обслуживания и ремонта ТПС (расходы на ТО, ТР, КР, содержание ремонтной базы, расходы на устранение отказов ТПС).

Оценке практической реализации формулы (1) уже уделялось внимание авторами в [4,5,6]. При внешней простоте формулы (1), ее практическая реализация требует тщательного планирования или прогнозирования затрат в условиях меняющихся факторов как внешней так и внутренней среды: разрыв отношений со странами ЕС и США – затрудняет полную комплектацию ТПС, развитие отношений с Китаем – потребовало модернизации Байкало-Амурской магистрали и обновления ТПС, увеличение его мощности и повышения его надежности, внутренние проблемы экономики – рост процентных ставок, рост цен на топливно-энергетические ресурсы, материалы и комплектующие. Кроме этого, как видно из формулы (1), для расчета таких операционных расходов – эксплуатационных и на ТО и ТР, требуется процесс моделирования эксплуатационной работы ТПС на заданном профиле пути с учетом фактора повышения среднего веса поезда и вождения тяжеловесных поездов, неполновесных поездов, решение тормозной задачи, а также знание межремонтных пробегов за весь жизненный цикл ТПС, что достаточно трудоемко и требует специальных знаний и практик как в области моделирования, организации и планирования эксплуатационной работы ТПС, тяговых расчетов, так и в области экономики железнодорожного транспорта. В случае же некачественного анализа, планирования и прогнозирования затрат расчет СЖЦ может содержать ошибку, которая в денежном выражении будет исчисляться в сотнях миллионов рублей, а следовательно, может привести к неверным принятым решениям в области

управления жизненным циклом ТПС, что очень актуально в условиях дефицита финансовых ресурсов в железнодорожной отрасли.

Алгоритм практической реализации расчета СЖЦ ТПС представлен на рисунке 2.

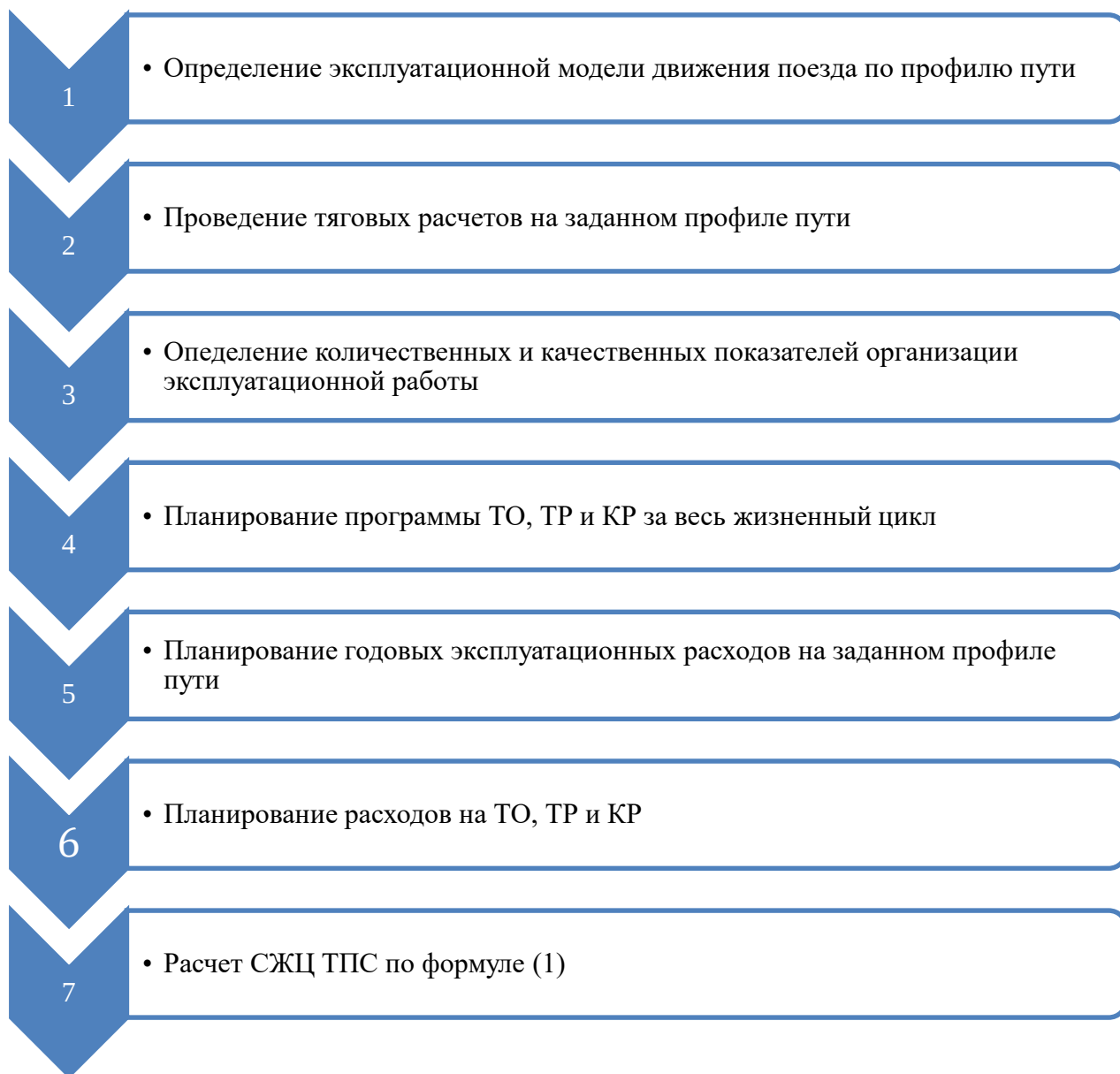


Рис. 2. Алгоритм практической реализации расчета СЖЦ ТПС

Например, для решения задачи определения модели движения поезда по профилю пути необходимо: выбрать тип локомотива, профиль пути, вес поезда, типа вагонов, скорость движения по участку. Эксплуатационные условия для определения СЖЦ для таких ТПС как 2ТЭ116 и 2ТЭ25КМ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Эксплуатационные условия работы ТПС на участке

Наименование показателя	Единицы измерения	Условное обозначение	Значение показателя	
			2ТЭ116	2ТЭ25КМ
1	2	3	4	5
Длина участка	км	L _{уч}	198,5	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	
Максимальная скорость движения по участку: при чугунных колодках при композиционных колодках	км/ч	$V_{\max}$		
			80	
			90	
Ограничения по скорости при движении по промежуточным станциям	км/ч	$V_{\text{огр}}$	60	
Количество раздельных пунктов, требующих ограничения скорости	-	-	14	
Количество остановок поезда на расчетном участке	-	-	0	
Масса поезда	т	Q	5300	7300
Грузопоток в груженом направлении	млн. т	$\Gamma_{\text{гр}}$	12,8	
Отношение массы поезда нетто к массе брутто	-	γ	0,68	
Среднесуточный пробег локомотива, км/сутки	-	-	500	

Межремонтные пробеги технического обслуживания и ремонтов (ТОиР) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Межремонтные пробеги технического обслуживания и ремонтов для ТПС

Межремонтные пробеги технического обслуживания и ремонтов:	Единицы измерения	2ТЭ116	2ТЭ25КМ
КР	тыс.км	1600	2400
СР	тыс.км	800	1200
ТР-3	тыс.км	400	600
ТР-2	тыс.км	200	300
ТР-1	тыс.км	50	75
ТО-3	тыс.км	15	15
ТО-2	ч	72	120

На основании тяговых расчетов [7], определяется расход топлива на тягу на заданном участке поезда.

Методом расчета по статьям и элементам затрат определяются на основании количественных и качественных эксплуатационных показателей годовые операционные расходы ТПС по вариантам [8], а также расходы на ТОиР на основе программы обслуживания и ремонта за весь жизненный цикл (табл.3), что позволяет определить стоимость жизненного цикла как локомотива 2ТЭ116, так и 2ТЭ25КМ (табл. 4).

Как видно из таблицы 4 СЖЦ с учетом коэффициента дисконтирования по вариантам ТПС составит:

- для 2ТЭ116

$$СЖЦ_1 = 12794507,2 \text{ тыс. руб.};$$

- для 2ТЭ25КМ

$$СЖЦ_2 = 11142226,6 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от использования ТПС типа 2ТЭ25КМ на заданном участке по сравнению с 2ТЭ116 составит

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= СЖЦ_1 - СЖЦ_2, \\ \mathcal{E} &= 12794507,2 - 11142226,6 = 1652280,4 \text{ тыс. руб.} \end{aligned} \quad (2)$$

Таблица 3

Программа технического обслуживания и ремонта за весь жизненный цикл ТПС по вариантам

Год	Программа обслуживания и ремонта за жизненный цикл						
40 лет	ТО-2, ч	ТО-3	ТР-1	ТР-2	ТР-3	СР	КР
2ТЭ116							
40 лет	3720	186	58	10	4	2	2
2ТЭ25KM							
40 лет	2880	172	35	7	3	1	1

Таблица 4

Определение СЖЦ ТПС по вариантам

Год	Операционные расходы за жизненный цикл ТПС, тыс. руб.								Инвестиции на приобретение ТПС, тыс. руб.	СЖЦ, тыс. руб.	
Итого за 40 лет	Топливо	Экипировка	Смазка	Оплата труда локомотивных бригад	Ремонт и техническое обслуживание	Плата за выбросы	Песок	Ремонт бандажей колесных пар		Без учета дисконтирования	С учетом дисконтирования
2ТЭ116											
40 лет	921076,0	11264,0	20216,0	420084,0	135175,8	4552,0	106468,0	1276,0	180192,0	1800303,8	12794507,2
2ТЭ25KM											
40 лет	881076,0	11004,0	8456,8	317024,0	140368,3	4476,0	87440,0	1120,0	236000,0	1686965,1	11142226,6

Таким образом, предлагаемый подход определения стоимости жизненного цикла не только позволяет определить наиболее выгодный вариант ТПС на заданном участке, но и позволяет принимать управленческие решения по оптимизации составляющих расходов критерия СЖЦ. Так, например, на основе результатов таблицы 4 были получены диаграммы (рис. 3), из которых видно, что наибольшие элементы затрат СЖЦ ТПС приходятся на топливо, оплату труда локомотивных бригад с учетом страховых взносов, техническое обслуживание и ремонт, что требует организационных, технологических и технических решения по их оптимизации.

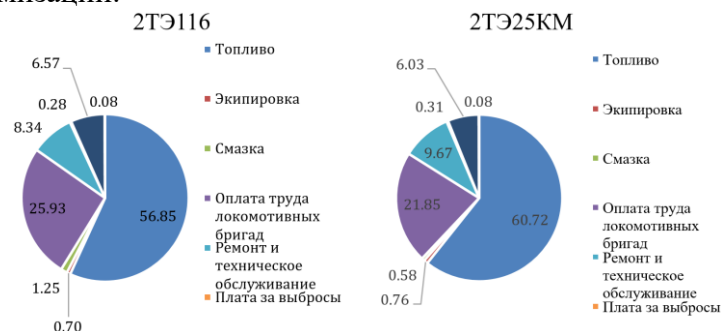


Рис. 3. Элементы операционных расходов СЖЦ ТПС по вариантам

Сегодня на практике, с целью экономии топлива, активно внедряется инновационный ТПС, газотурбовозы, используются новые подходы в нормировании удельного расхода топлива на участках. Нашли активное внедрение полигонные технологии, которые не только сокращают затраты на заработную плату локомотивных бригад, но и оптимизируют расходы на техническое обслуживание локомотивов в пунктах оборота. В определенных условиях реализуется движение поездов с локомотивной бригадой в одно лицо, что также позволяет снизить затраты на оплату труда локомотивных бригад. Предикативная диагностика сегодня позволяет не только сократить расходы на ТОиР, но и сократить простои в ремонте ТПС, повысить безопасность движения.

Список литературы

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31539-2012. «Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава» (введен в действие Приказом Госстандарта № 1171-ст от 26.11.2012) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097621>.
2. Национальный стандарт РФ ГОСТР 27.202-2012. «Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла» (введен в действие Приказом Росстандарта № 439-ст от 27.09.2012 г.) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102419>.
3. Распоряжение ОАО «РЖД» от 17 марта 2008 г. № 509р «О регламенте определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта» (с изменениями от 02 сентября 2008 г.) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902110528>.
4. **Валенцева, Е. В.** Использование коэффициента готовности в определении стоимости жизненного цикла тягового подвижного состава/ Валенцева Е. В., Шапшал А. С., Шапшал С. А. // Труды РГУПС, 2024. – №1. С.10-14.
5. **Валенцева Е. В.** К вопросу об оценке стоимости современного тягового подвижного состава на основе технико-эксплуатационных характеристик / Е. В. Валенцева, Т. З. Талахадзе, А. С. Шапшал // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2023. – № 1 (152). – С. 43-48. – ISSN 2219-0279.
6. **Валенцева, Е. В.** К вопросу оценке эффективности проектов в области тягового подвижного состава на основе стоимости жизненного цикла/ Е. В.

References

1. Interstate standard GOST 31539-2012. “Life cycle of railway rolling stock” (put into effect by Order of the State Standard No. 1171-st of November 26, 2012) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097621>.
2. National standard of the Russian Federation GOST R 27.202-2012. “Reliability in engineering. Reliability management. Life cycle cost” (put into effect by Order of Rosstandart No. 439-st dated September 27, 2012) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102419>.
3. Order of JSC Russian Railways dated March 17, 2008 No. 509r “On the regulations for determining the life cycle cost and limit price of rolling stock and complex technical systems of railway transport” (as amended on September 2, 2008) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902110528>.
4. **Valentseva, E. V.** Using the readiness factor in determining the life cycle cost of traction rolling stock / Valentseva E. V., Shapshal A. S., Shapshal S. A. // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. - 2024. - No. 1. P. 10-14.
5. Valentseva E. V. On the issue of assessing the cost of modern traction rolling stock based on technical and operational characteristics / E. V. Valentseva, T. Z. Talakhadze, A. S. Shapshal // Science and education: economy and economics; entrepreneurship; law and management. - 2023. - No. 1 (152). - P. 43-48. - ISSN 2219-0279.
6. **Valentseva, E. V.** On the issue of assessing the effectiveness of projects in the field of traction rolling stock based on life cycle costs / E. V. Valentseva, A. S. Shapshal, S. A.

Валенцева, А. С. Шапшал, С. А. Шапшал // Труды РГУПС, 2021. – №1. – С.4-7.

7. Распоряжение ОАО «РЖД» от 12.05.2016 № 867р «Правила тяговых расчетов для поездной работы» – URL: <https://docs.cntd.ru/document/557088840>.

8. Валенцева, Е. В. Организация и планирование операционной деятельности эксплуатационного локомотивного депо: учеб.-метод. пособие / Е. В. Валенцева; ФГБОУ ВО РГУПС. - Ростов н/Д : РГУПС, 2021. - 47 с.

Shapshal // Proceedings of RGUPS, 2021. - No. 1. - P. 4-7.

7. Order of JSC Russian Railways dated 12.05.2016 No. 867r “Rules for traction calculations for train operation” – URL: <https://docs.cntd.ru/document/557088840>.

8. Valentseva, E. V. Organization and planning of operational activities of an operational locomotive depot: training and methodological manual / E. V. Valentseva; Rostov-on-Don: RGUPS, 2021. - 47

E. V. Valentseva, S. A. Shapshal, A. S. Shapshal

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF CALCULATION OF THE LIFE CYCLE COST OF TRACTION ROLLING STOCK AND ITS USE FOR THE PURPOSES OF COST OPTIMIZATION

Abstract. Using the example of the proposed model of freight train movement with a given track profile and different series of traction rolling stock with given technical characteristics, the practice of determining the life cycle cost of traction rolling stock by options was implemented. Examples of using the obtained results to optimize the life cycle costs of traction rolling stock are also given.

Keywords: life cycle, traction rolling stock, life cycle cost, effect, cost optimization.

For citation: Valentseva, E. V. Practical Implementation of Calculation of the Life Cycle Cost of Traction Rolling Stock and its Use for the Purposes of Cost Optimization / E. V. Valentseva, S. A. Shapshal, A. S. Shapshal // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2025. – № 4. – P. 77–83. – DOI 10.46973/1818-5509_2025_4_77.

Сведения об авторах

Валенцева Елена Викторовна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Экономика, учет и анализ»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: e.valentseva@gmail.com

Шапшал Сергей Александрович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
доцент,
e-mail: serega-don@bk.ru

Шапшал Александр Сергеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: llh@rgups.ru

Information about the authors

Valentseva Elena Victorovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Economics, Accounting and Analysis»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: e.valentseva@gmail.com

Shapshal Sergey Alexandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Associate Professor,
e-mail: serega-don@bk.ru

Shapshal Alexander Sergeevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: llh@rgups.ru