

Оценка стоимости жизненного цикла электровоза «онлайн»

А. А. АКИШИН¹, В. В. БРЕКСОН², О. В. ВИНОГРАДОВА¹, В. А. КУЧУМОВ¹, Н. Д. МИРОНОВ¹,
Н. Б. НИКИФОРОВА¹

¹Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

²Общество с ограниченной ответственностью «Уральские локомотивы» (ООО «Уральские локомотивы»), Верхняя Пышма, 624090, Россия

Аннотация. Принцип выбора электровоза, основанный на анализе затрат стоимости жизненного цикла, находит все большее применение. При этом соответствие локомотива заявленным показателям или характер его эксплуатации не контролируется достаточно объективно. Описанный в статье метод оценки расходов по жизненному циклу «онлайн» основан на непрерывной оценке эксплуатационных расходов локомотива и позволяет своевременно обнаружить отклонения параметров эксплуатации или локомотива от заданных. Метод получил название «СЖЦ «онлайн»» и в данный момент тестируется на электровозах 2ЭС6 Октябрьской железной дороги по заказу ООО «Уральские локомотивы». Приведены основные показатели эксплуатации, закономерности их изменения и влияние на общие затраты.

Ключевые слова: локомотив; жизненный цикл; эксплуатация; эффективность использования; оценка затрат

Введение. До 1990-х гг. отечественные железные дороги являлись общегосударственной собственностью и занимались решением задач народного хозяйства, включая мобилизационные. В учебной литературе [1] экономика локомотивного хозяйства не упоминалась. В начале 90-х гг. прошлого века ситуация в стране коренным образом изменилась. В условиях развития рыночной экономики был разработан и введен в действие ГОСТ 31539–2012 «Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения». С появлением контрактов жизненного цикла необходимость использования понятия «стоимость жизненного цикла» (СЖЦ), позволяющего интегрально экономически оценивать эксплуатационные свойства электровозов, увеличивается [2–8].

В настоящей статье обоснован комплексный подход к оценке эксплуатационных свойств электровозов на базе экономической модели стоимости жизненного цикла «онлайн».

Общие положения. На Октябрьскую железную дорогу в 2018 г. по контракту жизненного цикла (КЖЦ) было поставлено пять электровозов 2ЭС6, которые эксплуатируются на полигоне вместе с электровозами ВЛ10, 2ЭС4К, 3ЭС4К и др. Поступившие в эксплуатацию электровозы становятся частью транспортного

конвейера, участвуя в технологических операциях по прицепке и отцепке составов, проверке тормозов, экипировке, обслуживанию, ремонту и т.д.

В первом полугодии 2018 г. суммарный пробег пяти электровозов 2ЭС6 составил 429 131 км, средний пробег каждого локомотива — 85 826 км.

За первый квартал 2018 г. парком 2ЭС6 был реализован грузооборот $91\,813 \cdot 10^4$ т·км, при этом общие расходы, включая удельные капитальные вложения в парк, расходы на электроэнергию и ремонт, составили 37,137 млн руб., таким образом средние удельные затраты на перевозку составили 404,48 руб./ 10^4 т·км. За второй квартал 2018 г. парком 2ЭС6 был реализован грузооборот $100\,246 \cdot 10^4$ т·км (+8,41 % к результату первого квартала), при этом общие расходы составили 36,746 млн руб., средние удельные затраты на перевозку этим парком уменьшились до 366,56 руб./ 10^4 т·км (–9,38 % по отношению к первому кварталу). Полученные фактические данные по эксплуатации парка электровозов 2ЭС6 на Октябрьской железной дороге позволяют оптимистично оценивать поставку по КЖЦ.

Однако дальнейшее использование КЖЦ ставит задачу более подробного рассмотрения показателей эксплуатационной деятельности электровоза. Необходимо применить показатели, которые будут способствовать определению стратегической линии как для изготовителя локомотивов (ООО «Уральские локомотивы»), так и для заказчика продукции (Дирекции тяги — филиала ОАО «РЖД»). Эти показатели должны, с одной стороны, оценивать полезность достижения заводом новых характеристик (например, увеличение критических масс поездов для локомотивов, повышение коэффициента технической готовности (КТГ) и других параметров), с другой — позволить заказчику обоснованно предъявлять заводу свои требования.

Цель данной статьи — рассмотреть основные показатели эксплуатации электровозов и обосновать возможность и целесообразность применения предложенных в работе принципов экономической оценки эксплуатационной деятельности локомотива на базе модели стоимости жизненного цикла «онлайн».

■ E-mail: Mironov.Nikolay@vniizht.ru (Н. Д. Миронов)

Длительность и периодичность ремонтов электровоза 2ЭС6
Duration and periodicity of electric locomotive 2ES6 repair

Вид обслуживания	Периодичность (часы эксплуатации либо км пробега)	Продолжительность, ч, сут
ТО	Не менее 180 ч	1,2 ч
ТР-1	Не менее 30 тыс. км	18 ч
ТР-2	Не менее 300 тыс. км	3 сут
ТР-3	Не менее 600 тыс. км	6 сут

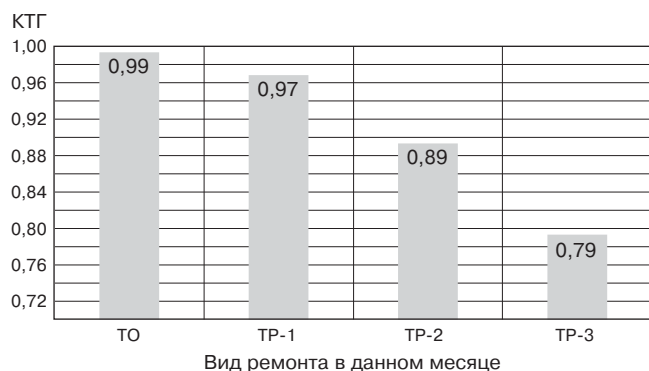


Рис. 1. КТГ для месяцев, включающих проведение ремонтов для электровозов 2ЭС6

Fig. 1. EAR (equipment availability ratio) for months including electric locomotives 2ES6 repairs

Показатели эффективности эксплуатации локомотива. В настоящее время используют четыре основных коэффициента, характеризующих периодичность обслуживания, степень безотказности и ремонтпригодности локомотива [9]:

- коэффициент оперативной готовности, показывающий отношение времени в работоспособном состоянии ко всей длительности периода;

- коэффициент технической готовности, который показывает отношение суммарного времени в работоспособном состоянии к суммарному времени пребывания локомотива в работоспособном состоянии и на техническом обслуживании или ремонте;

- коэффициент внутренней готовности представляет собой отношение времени в работоспособном состоянии к суммарному времени пребывания локомотива в работоспособном состоянии и на внеплановых ремонтах;

- мгновенный коэффициент готовности наличного парка локомотивов — это отношение количества работоспособных локомотивов в заданный момент времени к их общему количеству в парке.

Оценка эксплуатации подвижного состава по КТГ. Наиболее распространенным в применении является КТГ: он включает в себя длительность плановых осмотров и ремонтов, поэтому уже не может быть равен 1; для электровозов 2ЭС6 на Октябрьской железной дороге задано значение КТГ = 0,96. В качестве примера в таблице приведены длительность и периодичность ремонтов электровоза 2ЭС6. Как видно из таблицы, периодичность ремонтов зависит от пробега, то есть чем больше пробег электровоза в сутки, тем чаще надо делать ремонт.

На рис. 1 представлены значения КТГ, характерные для месяцев, в которых проводятся ТО, ТР-1, ТР-2, ТР-3, то есть КТГ уменьшается за счет проведения планового обслуживания электровозов. На рис. 2 показана зависимость КТГ, рассчитанных за каждые 3 месяца за 4 года с учетом плановых осмотров и ремонтов для разной величины среднесуточного пробега электровозов 2ЭС6: видно, что чем больше электровоз имеет пробег, тем чаще производятся

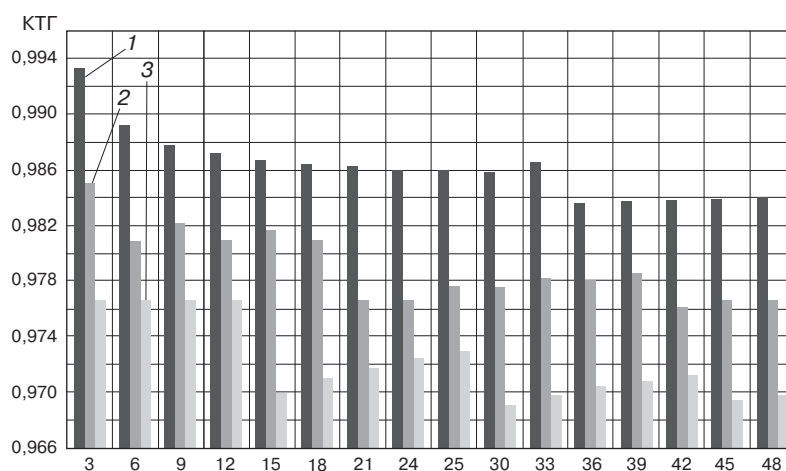


Рис. 2. КТГ, рассчитанный по 3 месяцам за 4 года с учетом плановых осмотров и ремонтов для разных среднесуточных пробегов электровозов 2ЭС6:

1 — 300 км; 2 — 500 км; 3 — 700 км

Fig. 2. EAR calculated quarterly for 4 years of scheduled inspections and repairs for different average daily mileage of electric locomotives 2ES6:

1 — 300 km; 2 — 500 km; 3 — 700 km

периодические ремонты, за счет чего снижаются КТГ и уменьшаются возможности по проведению дополнительных внеплановых ремонтов.

При снижении КТГ ниже установленного значения возникает необходимость держать дополнительный парк электровозов, чтобы обеспечить планируемый объем перевозок. Повышенный КТГ позволяет заказчику реализовывать увеличенный объем перевозок, что может в свою очередь создать для изготовителя некоторый дополнительный условный «запас прочности» для появления неплановых ремонтов. По текущему значению коэффициента КТГ возможно оценивать его общую величину за весь срок дальнейшей эксплуатации, то есть прогнозировать изменения КТГ в будущем (из-за плановых ремонтов) и делать выводы о целесообразности принятия управленческих решений в части проведения дополнительных работ по электровозам.

За первые два квартала 2018 г. для электровозов 2ЭС6 были определены расчетный коэффициент (КТГ_р) с учетом только плановых ремонтов и фактический коэффициент (КТГ_ф), представленные на рис. 3. Расчетный и фактический КТГ несколько отличаются, что связано с возникновением трех внеплановых ремонтов, различием между реальным и планируемым временем проведения ТР и ТО.

Оценка эксплуатации подвижного состава по КТГ эффективна в большинстве случаев для подвижного состава, который имеет постоянную модель эксплуатации, то есть маршруты его движения и совершаемая работа в течение значительного периода неизменны (поезда метро, пригородные поезда), когда основным критерием является выполнение расписания без необходимости увеличения совершаемой работы. Для оценки эксплуатации грузовых локомотивов этот показатель недостаточен: он отражает степень готовности и величину парка, но не произведенную работу и эффективность.

Расход электроэнергии. Расходы на электроэнергию составляют около половины всех затрат жизненного цикла на этапе эксплуатации локомотива. Потребление энергии в поездке зависит от множества параметров, начиная от массы поезда и профиля участка и заканчивая погодными условиями, поэтому расход энергии может быть спрогнозирован путем статистической оценки записей поездок.

Выделим основные параметры, определяющие расход электроэнергии в конкретной поездке:

- стабильные, редко изменяемые (план и профиль участка);
- квазипостоянные (постоянные ограничения скорости, которые изменяются, как правило, при модернизации пути и путевого полотна);
- постоянные в пределах допуска (тяговые и тормозные характеристики электровоза при выпуске с завода);

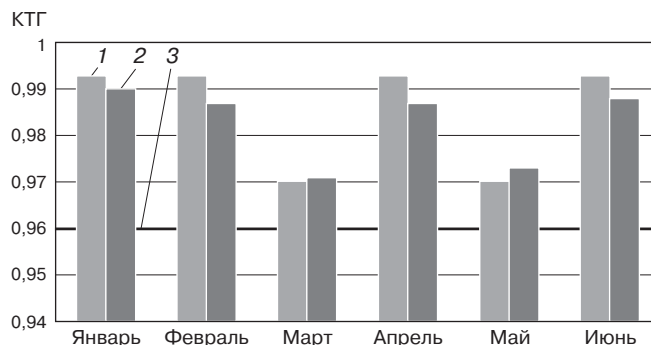


Рис. 3. Диаграмма расчетного и фактического КТГ для электровозов 2ЭС6 за первое полугодие 2018 г.: 1 — расчетный КТГ; 2 — фактический КТГ; 3 — заданное значение
 Fig. 3. Diagram of the calculated and actual EAR for electric locomotives 2ES6 for the first six months of 2018 year:
 1 — calculated EAR; 2 — actual EAR; 3 — specified value

- изменяемые в процессе эксплуатации (характеристики локомотива и отдельного оборудования в зависимости от старения параметров оборудования, изменения его характеристик при проведенных ремонтах);
- случайные, свойственные только данной поездке (масса поезда, тип вагонов, грузов, режимы движения, погодные условия и др.).

Кроме ожидаемых и измеряемых затрат энергии, имеются потери энергии в точке контакта колесо—рельс, возрастающие при наличии боксования при осуществлении перевозок на пределе сцепления. Задачу определения расхода электроэнергии для электровоза (Эл1), используемого на новом участке, возможно разложить на следующие составляющие:

- 1) прогнозирование применения электровоза Эл1 на участке А вместо другого электровоза (Эл2). При этом существует участок В, на котором эксплуатируются оба локомотива;
- 2) те же условия, что и в пункте 1, но электровоз Эл1 не эксплуатировался пока ни на одном из участков;
- 3) те же условия, что и в пункте 1, но электровозы Эл1 и Эл2 не эксплуатируются совместно на одних участках;
- 4) сравнение расхода электроэнергии данным электровозом по сравнению с другими электровозами на этом участке;
- 5) сравнение расхода электроэнергии электровоза Эл1 после нескольких лет эксплуатации с момента внедрения.

У современных электровозов также имеются значительные расходы на вспомогательные нужды, объясняемые наличием на электровозе систем управления как непосредственно локомотивом, так и отдельным оборудованием. Эти расходы компенсируются лучшими тяговыми и тормозными характеристиками и возможностью повышать массу поезда. Процент затрат электроэнергии на вспомогательные нужды при

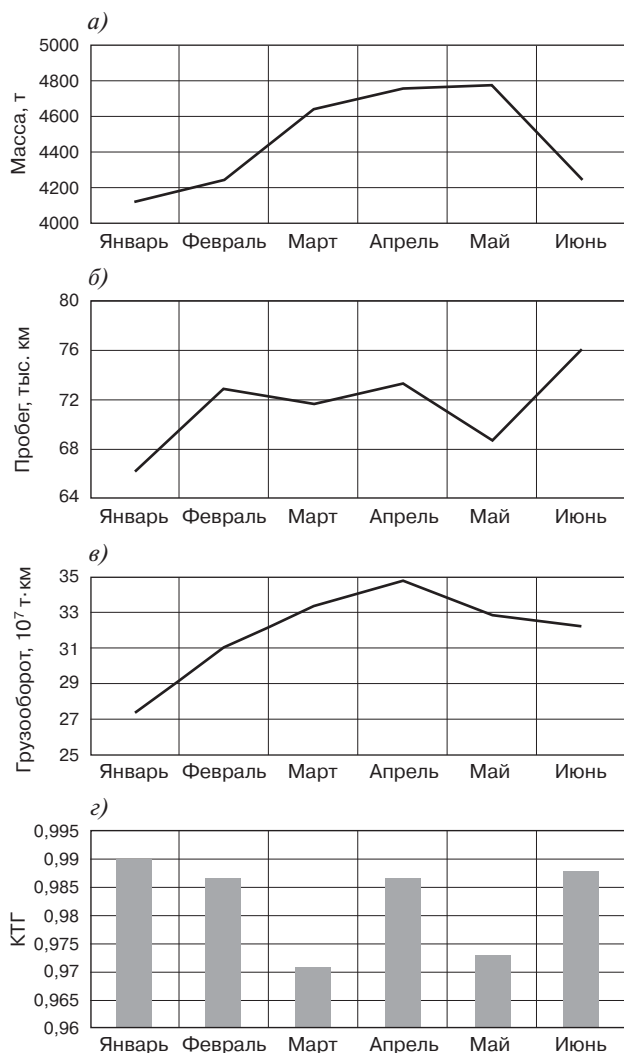


Рис. 4. Основные эксплуатационные показатели электровоза 2ЭС6 за первое полугодие 2018 г. (помесечно) на Октябрьской железной дороге:

а — средняя масса состава; б — общий пробег парка электровозов; в — грузооборот парка электровозов; г — КТГ парка электровозов Fig. 4. Main performance indicators of electric locomotive 2ES6 for the first six months of 2018 (on a monthly basis), at Oktyabrskaya railroad: а — average weight of the rolling stock; б — total mileage of the electric locomotives fleet; в — cargo turnover of the electric locomotive fleet; г — EAR of the electric locomotives fleet

уменьшении среднего веса состава возрастает, использование электровоза не на полную мощность делает его менее энергоэффективным. Нужно при этом учитывать, что поезда редко бывают загруженными в обоих направлениях: обычно в одном направлении они следуют груженные, в другом — порожние, то есть уже имеется увеличение потерь электроэнергии.

Тонно-километровая работа. Данный показатель характеризует основную функцию электровоза — перемещение грузов — и зависит от совершаемых пробегов и масс поездов. На рис. 4 представлены основные эксплуатационные показатели электровоза 2ЭС6. Анализ графиков показывает, что в течение

полугодия масса поездов (см. рис. 4, а) и грузооборот (см. рис. 4, в) увеличивались, что свидетельствует о повышении эксплуатационной эффективности применяемых электровозов. Показатель «тонно-километровая работа» является одним из наиболее важных, однако не отражает все особенности эксплуатации электровозов, в частности расход электроэнергии, другие затратные показатели. Из рис. 4, г видно, что значение КТГ совершенно не связано с произведенной работой.

Удельный расход электроэнергии. Для проведения анализа текущего расхода электроэнергии вводится понятие «ожидаемого» расхода, который рассчитывается с учетом работы, совершаемой за месяц на каждом участке. Ожидаемый и фактический расходы электроэнергии за первое полугодие 2018 г. (помесечно) для участков Бабаево—Лужская и Бабаево—Санкт-Петербург Октябрьской железной дороги представлены на рис. 5, а. На рис. 5, б показаны зависимости удельного расхода электроэнергии и грузооборота за тот же период времени для этих же участков. В целом разница между ожидаемыми и фактическими расходами электроэнергии (см. рис. 5, а) незначительна, она находится в пределах 3% и вызвана влиянием случайных факторов.

Рассматривая зависимость удельного расхода электроэнергии по отдельным месяцам за первое полугодие 2018 г. (см. рис. 5, б), можно выделить три этапа: январь-февраль, март-апрель и май-июнь. На первом этапе увеличивается масса перевозимых грузов (почти на 14%; см. рис. 4, а), осваиваются более экономные способы вождения и, несмотря на то что это зимние месяцы, наблюдается понижение удельных энергозатрат (порядка 3%). На втором этапе уменьшение удельного расхода электроэнергии (почти на 16%) происходит по мере улучшения погодных условий и увеличения массы перевозимых грузов. Повышение удельного расхода энергии в мае-июне (третий этап) соответствует началу работ по ремонту пути, что связано с появлением дополнительных ограничений скорости, следованием поездов по неправильному пути и т.д.

Комплексные экономические оценочные показатели.

В настоящее время в большинстве областей техники используются комплексные экономические показатели, которые определяют деятельность данной техники в стоимостном выражении. Рассмотренные выше показатели не являются комплексными и не отражают экономическую оценку эксплуатационной деятельности. Для комплексной оценки эксплуатационной работы электровозов возможно использовать существующий метод оценки эффективности по СЖЦ. Этот метод применяют при создании и внедрении новых локомотивов, а также при разработке и модернизации отдельных узлов, технологии их эксплуатации, обслуживания и ремонта.

При разработке и внедрении новых локомотивов рассчитывают СЖЦ, то есть оценивают планируемые затраты на реализацию определенного объема тонно-километровой работы (реализуемой в настоящее время или планируемой на заданном направлении). Результирующим экономическим показателем при этом является СЖЦ по реализации определенного объема работы на заданном участке эксплуатации. При этом основными затратными составляющими являются [10, 11, 12, 13, 14]:

- инвестиционная стоимость самого локомотива с учетом необходимых капитальных вложений;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на обслуживание и ремонт;
- затраты на содержание локомотивных бригад.

По материалам расчета СЖЦ при начальном расчете оценивается окупаемость применения электровазона и та прибыль, которую заказчик получит за время КЖЦ.

Однако до недавнего времени такая оценка производилась перед началом проектирования, на этапе изготовления макетного образца и по результатам первых эксплуатационных поездок и не проводилась по результатам реальной эксплуатации. Расчет реализуемой текущей СЖЦ по фактическим результатам эксплуатации (расчет СЖЦ «онлайн») позволяет не только оценить фактическую эффективность электровазона и его применения, но и рассчитать его реальный срок окупаемости и определить векторы развития тяги, направленные на понижение СЖЦ. Тем самым СЖЦ используется как инструмент по управлению оптимизацией эксплуатации [15].

При расчете стоимости жизненного цикла перед началом эксплуатации рассматривается СЖЦ для определенного количества произведенной работы. Для сравнения СЖЦ разных локомотивов и периодов времени рассматривается удельная стоимость жизненного цикла (УСЖЦ), реализуемая в процессе эксплуатации и рассчитываемая «онлайн».

Удельная стоимость жизненного цикла на элементарном периоде расчета (ЭПР) может быть представлена следующим выражением:

$$P_{\text{усжц}} = \frac{P_{\text{эли}} + P_{\text{реми}} + P_{\text{лок.бри}} + P_{\text{инвести}}}{A_i}$$

где $P_{\text{эли}}$ — стоимость электроэнергии, затраченной за данный период расчета (ЭПР); $P_{\text{реми}}$ — стоимость проведенных плановых и неплановых ремонтов за данный период расчета (ЭПР); $P_{\text{лок.бри}}$ — затраты на локомотивные бригады за ЭПР; $P_{\text{инвести}}$ — стоимость инвестиций, которые должны быть компенсированы за жизненный цикл; A_i — тонно-километровая работа, выполненная за ЭПР.

В данном выражении показатели по энергоемкости и работе входят в явном виде, а коэффициент

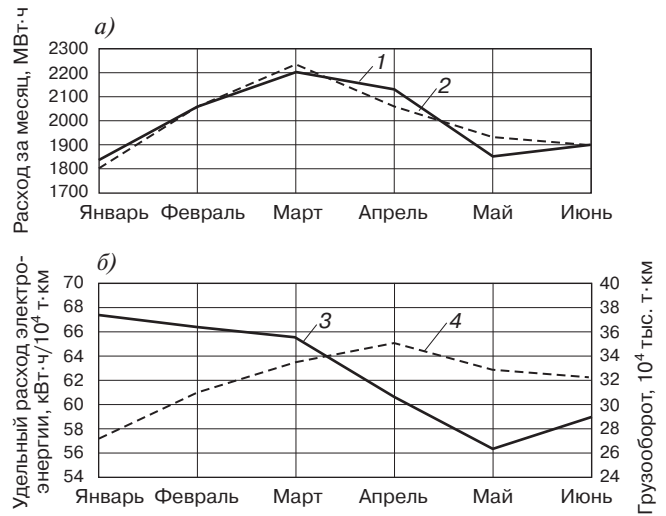


Рис. 5. Расходы электроэнергии за первое полугодие 2018 г. (помесячно):

- a* — абсолютные значения; *б* — удельные значения;
 1 — фактический расход; 2 — ожидаемый расход;
 3 — удельный расход; 4 — грузооборот

Fig. 5. Consumption of electric power in the first six months of 2018 year (on a monthly basis):

- a* — absolute values; *б* — specific values;
 1 — actual consumption; 2 — estimated consumption;
 3 — specific consumption; 4 — cargo turnover

готовности отражен стоимостью ремонтов и проведенной работой. И все эти показатели связаны стоимостными коэффициентами, в результате чего получается единая стоимостная характеристика.

Частота проведения расчетов зависит от технической оснащенности локомотивов. На электровазонах, выпускаемых ООО «Уральские локомотивы», осуществляется передача информации с локомотива с дискретностью до 5 мин, и поэтому в настоящее время возможно реализовать расчет СЖЦ с дискретностью 5 мин, что позволит оперативно отслеживать изменения СЖЦ и производить необходимые действия по управлению эксплуатацией. Разумеется, в результате такого расчета может получиться некоторая функция, зависящая от особенностей проведенной поездки (груженный или порожний поезд был проведен, на каком участке и т.д.). При этом возможно провести увеличение интервала с целью сглаживания функции и определения линии тренда.

С целью оценки экономической эффективности эксплуатации локомотивов 2ЭС6 на Октябрьской железной дороге на рис. 6 представлена динамика изменения экономических и эксплуатационных показателей работы парка электровазона за первое полугодие 2018 г. Как видно из рис. 6, зависимости выполненной работы, затраченной энергии, удельной СЖЦ не являются монотонными функциями. Общие расходы на перевозку до марта росли соответственно росту пробега, выполненной работы и затратам электроэнергии на совершение этой работы (соответственно

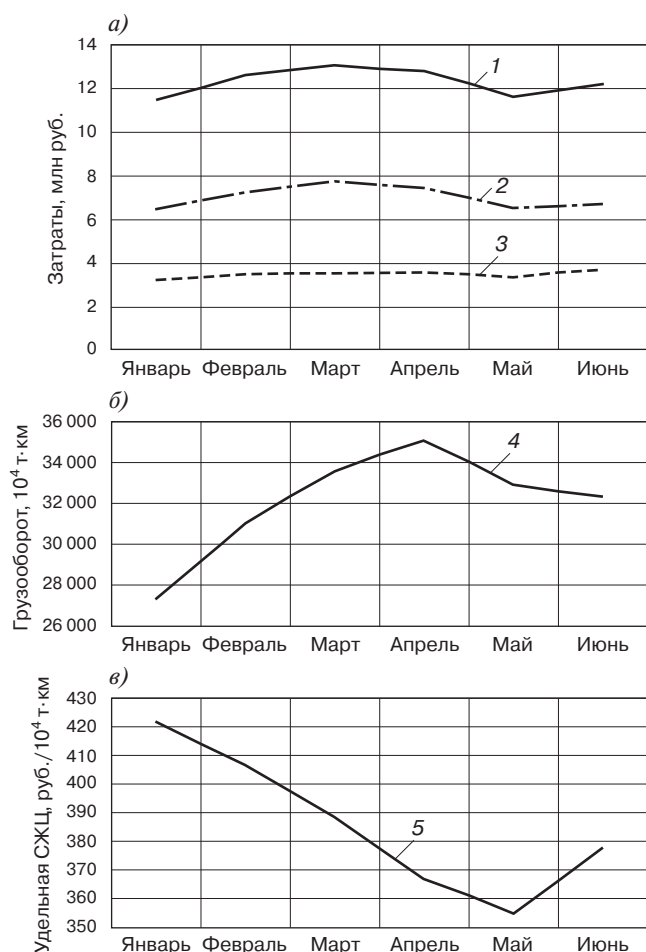


Рис. 6. Графическая интерпретация динамики изменения экономических и эксплуатационных показателей работы парка электровозов 2ЭС6 за первое полугодие 2018 г.: а — динамика изменения затрат на перевозочный процесс; б — изменение грузооборота по месяцам; в — изменение удельной стоимости жизненного цикла; 1 — общие затраты парка на перевозку; 2 — затраты на электроэнергию; 3 — затраты на ремонт; 4 — грузооборот парка электровозов; 5 — удельная стоимость жизненного цикла парка электровозов

Fig. 6. Graphic interpretation of the dynamics of changes in economic and operating indicators of the electric locomotives 2ES6 fleet in the first six months of 2018 year: а — dynamics of changes in expenses for traffic; б — changes of cargo turnover on a monthly basis; в — changes of the unit cost of the life cycle; 1 — total fleet expenses on carriage; 2 — power costs; 3 — repair costs; 4 — electric locomotive fleet cargo turnover; 5 — unit cost of the life cycle of the electric locomotive fleet

пробегам возрастали затраты на ремонты). Причем при совершении в апреле большей работы, чем в январе, на 28 % расходы на ремонт выросли в значительно меньшей степени (порядка 11 %), то есть увеличение работы связано с повышением масс поездов. Несмотря на рост работы в апреле по сравнению с мартом (на 4,6 %), расходы на топливно-энергетические ресурсы упали на 3 %, что связано с изменением погодных условий и частично маршрутов поездок. При этом УСЖЦ монотонно уменьшалась, в целом с января по май снижение составило 16 %, что свидетельствует

о повышении эффективности применения электровозов в данный период.

В мае грузооборот снизился, уменьшились расходы по всем основным статьям, затраты на перевозку стали меньше по сравнению с апрелем. В июне объем выполняемой работы уменьшился по сравнению с апрелем на 8 %, при этом значительно увеличились пробеги и расходы на ремонт. Увеличение пробегов без повышения грузооборота соответствует уменьшению масс водимых поездов (рост удельных затрат электроэнергии), в связи с этим удельная СЖЦ электровоза увеличилась на 6 %. Изменения связаны с летними ремонтными работами, появившимися временными ограничениями скорости, движением по неправильно пути.

Проведенный укрупненный анализ при оценке УСЖЦ с дискретностью расчета в один месяц показывает общие возможности использования оценки УСЖЦ «онлайн». Непрерывная оценка УСЖЦ является одним из этапов цифровизации и позволит анализировать динамику изменения основных экономических показателей эксплуатации локомотивов, определять необходимые мероприятия по их совершенствованию и проводить анализ стратегии развития эксплуатации. Используя понятие УСЖЦ, возможно показать и аргументировать выполненную электровозом работу и достигнутую окупаемость применения локомотива.

В настоящее время ученые АО «ВНИИЖТ» совместно со специалистами ООО «Уральские локомотивы» проводят тестовые испытания на электровозах 2ЭС6 Октябрьской железной дороги сервера «СЖЦ „онлайн“», который позволяет оперативно анализировать собираемую информацию по эксплуатационной деятельности и сервисному обслуживанию локомотивов, эксплуатируемых по контракту жизненного цикла, а также предоставляет возможность более эффективно и оперативно управлять парком электровозов.

Заключение. УСЖЦ «онлайн» является единым критерием, который позволяет экономически оценить эффективность эксплуатации электровоза и отражает энергоэффективность выполненных перевозок, объем произведенной тонно-километровой работы, эксплуатационные расходы, надежность электровоза и его КТГ.

Критерий УСЖЦ позволяет оценить причины отклонений эксплуатационных показателей эффективности от планируемых и определить стратегию совершенствования электровоза. С помощью критерия УСЖЦ возможно провести анализ эксплуатации отдельного электровоза и прогнозировать его состояние и возможные характеристики. УСЖЦ также позволяет анализировать состояние группы электровозов при изменении технологии эксплуатации (например, начало эксплуатации при повышении масс составов), в том числе оценивать, насколько экономически выгодны проводимые мероприятия.

Расчет жизненного цикла «онлайн» — еще один шаг в сторону цифрового локомотива. Локомотив создает и рассчитывает информацию по своей жизнедеятельности, определяя тем самым пути совершенствования и устранения причин неудач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзинбуд С.Я., Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов. М.: Транспорт, 1980. 248 с.
2. ГОСТ 31539–2012. Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения [Электронный ресурс]. 2014. URL: <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=5302694> (дата обращения: 30.07.2019 г.).
3. Вавилов Е. Н., Кархова И. Ю. Эффект от внедрения новых локомотивов // Железнодорожный транспорт. 1997. № 9. С. 54–57.
4. Иванова Н.Г., Мурашов А.А. Предельная (лимитная) цена и стоимость жизненного цикла подвижного состава железнодорожного транспорта. М.: Маска, 2007. 296 с.
5. Мурашов А.Е., Иванова Н.Г., Ставрова Е.К. Стоимость жизненного цикла и цена новых локомотивов // Локомотив. 2010. № 5. С. 37–39.
6. Брусиловский М.Э. Комплексная оценка стоимости жизненного цикла технических систем железнодорожного транспорта: Дис. ... канд. экон. наук. М.: МИИТ, 2011. 161 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004946509> (дата обращения: 30.07.2019 г.).
7. Загребельский А.М., Кадышев С.А., Ребрик Б.Н. Стоимость жизненного цикла электровоза // Железнодорожный транспорт. 1998. № 12. С. 34–36.
8. Бабел М. Теоретические основы и методология выбора объемов и технологий модернизации тепловозов по критерию стоимости жизненного цикла: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: ВНИИЖТ. Москва, 2014. 48 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005553513> (дата обращения: 30.07.2019 г.).
9. ОАО «РЖД». О системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «РЖД» (с изменениями от 21.09.2018 г. № 2070р): утв. распоряжением от 30 декабря 2016 г. № 2796р [Электронный ресурс]. URL: <https://prorz.ru/2018/02/18/2796r/> (дата обращения: 30.07.2019 г.).
10. ОАО «РЖД». Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта: утв. распоряжением от 27 декабря 2007 г. № 2459р [Электронный ресурс]. URL: <https://jd-doc.ru/2007/dekabr-2007/12704-gasproyazhenie-oao-rzhd-ot-27-12-2007-n-2459r> (дата обращения: 30.07.2019 г.).
11. ОАО «РЖД». Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог: утв. ОАО «РЖД» 10.11.2010. М.: Техинформ, 2011. 289 с.

12. М-во путей сообщ. СССР. Методические указания по определению технико-экономической эффективности новых и усовершенствованных электровозов / Э.И. Хаит [и др.]. М.: Транспорт, 1986. 115 с.

13. ГОСТ Р 27.202–2012. Надежность в технике (ССНТ). Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла [Электронный ресурс]. 2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102419> (дата обращения: 30.07.2019 г.).

14. Инструкции РЖД. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте: утв. указанием МПС РФ от 31.08.1998 г. № В-1024у [Электронный ресурс]. URL: https://instructionsrdz.ucoz.ru/load/dlja_dvizhencev/metodicheskie_rekomendacii_po_ocenke_investicionnykh_proektov_na_zheleznodorozhnom_transporte_utverzhdenu_ukazaniem_mps_v_1024u_ot_31_08_1998/10-1-0-971 (дата обращения: 30.07.2019 г.).

15. ОАО «РЖД». Методические рекомендации по расчету экономического эффекта внедрения научно-технических достижений и передового опыта на железных дорогах — филиалах ОАО «РЖД»: утв. распоряжением от 7 сентября 2005 г. № 1392р [Электронный ресурс]. URL: <https://jd-doc.ru/2005/sentyabr-2005/11002-gasproyazhenie-oao-rzhd-ot-07-09-2005-n-1392r> (дата обращения: 30.07.2019 г.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

АКИШИН Александр Александрович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, лаборатория «Электровозы», АО «ВНИИЖТ»

БРЕКСОН Виталий Вильямович, первый заместитель генерального директора ООО «Уральские локомотивы»

ВИНОГРАДОВА Ольга Владимировна, ведущий инженер, лаборатория «Электровозы», АО «ВНИИЖТ»

КУЧУМОВ Владислав Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, лаборатория «Электровозы», АО «ВНИИЖТ»

МИРОНОВ Николай Дмитриевич, инженер, лаборатория «Электровозы», АО «ВНИИЖТ»

НИКИФОРОВА Нина Борисовна, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория «Электровозы», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 07.06.2019 г., принята к публикации 08.08.2019 г.

Online assessment of the electric locomotive life cycle cost

A. A. AKISHIN¹, V. V. BREKSON², O. V. VINOGRADOVA¹, V. A. KUCHUMOV¹, N. D. MIRONOV¹, N. B. NIKIFOROVA¹

¹Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

²Limited Liability Company Ural Locomotives (LLC "Ural Locomotives"), Verkhnyaya Pyshma, 624090, Russia

Abstract. The selection and supply of electric locomotives based on the life cycle contract requires a more thorough review of indicators of their effectiveness implemented in operation. This study examines the main operation indicators currently used: coefficients of operational availability, technical availability, intrinsic availability (instantaneous), availability of the locomotive fleet, performed ton-kilometer operation, and electric power consumption. However, these indicators are not comprehensive and do not provide

an overall economic assessment of operation. For a comprehensive assessment of the effectiveness of operation of locomotives, an online calculation of the life cycle cost is proposed. This involves directly using operating and service data for its performance, and the calculation of an indicator — life cycle specific cost (LCSC). The online LCSC is a uniform criterion associated with the energy efficiency of the performed transportation, volume of the ton-kilometer operation, operation expenses, reliability of electric locomotive,

and its equipment availability ratio (EAR). The LCSC analysis enables assessment of deviations of the operation effectiveness indicators from those planned, and determining a strategy for improvement of the electric locomotive. It helps to define peculiarities in the operation of an electric locomotive and to forecast its condition and potential properties. Additionally, the LCSC facilitates analyzing the condition of a group of electric locomotives when changing the operation technology (for example, operation starting with increased rolling stock weight), including assessment of the extent of economic benefits of fulfilled measures.

Currently, scientists of the JSC "VNIIZhT" and specialists of LLC "Ural Locomotives" are conducting tests on the electric locomotives 2EC6 on the Oktyabrskaya railroad using the "Online LCC" server. This allows online analysis of information collected on the operation and servicing of locomotives under the life cycle contract, providing effective and prompt control of the electric locomotive fleet.

Keywords: locomotive; life cycle; operation; effective use; expenses assessment

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-4-195-202>

REFERENCES

1. Aizinbud S. Ya., Kel'peris P. I. *Ekspluatatsiya lokomotivov* [Operation of locomotives]. Moscow, Transport, 1980, 248 p.
2. GOST 31539–2012. *Tsiki zhiznennyy zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava. Terminy i opredeleniya* [Life cycle of railway rolling stock. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform, 2014. URL: <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=5302694> (retrieved on 30.07.2019).
3. Vavilov E. N., Karkhova I. Yu. *Effekt ot vnedreniya novykh lokomotivov* [Effect of introduction of new locomotives]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway transport], 1997, no. 9, pp. 54–57.
4. Ivanova N. G., Murashov A. A. *Predel'naya (limitnaya) tsena i stoimost' zhiznennogo tsikla podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta* [Limit price and cost of life cycle of rolling stock of railway transport]. Moscow, Maska, 2007, 300 p.
5. Murashov A. E., Ivanova N. G., Stavrova E. K. *Stoimost' zhiznennogo tsikla i tsena novykh lokomotivov* [Cost of life cycle and price of new locomotives]. *Lokomotiv* [Locomotive], 2010, no. 5, pp. 37–39.
6. Brusilovskiy M. E. *Kompleksnaya otsenka stoimosti zhiznennogo tsikla tekhnicheskikh sistem zheleznodorozhnogo transporta: Dis. ... kand. ekon. nauk* [Complex assessment of the life cycle cost of technical systems of railway transport; dissertation of the candidate of economics: 08.00.05]. Moscow, MSURE, 2011, 161 p. URL: <https://search.rsl.ru/record/01004946509> (retrieved on 30.07.2019).
7. Zagrebel'skiy A. M., Kadyshev S. A., Rebrik B. N. *Stoimost' zhiznennogo tsikla elektrovoza* [Electric locomotive life cycle cost]. *Railway transport*, 1998, no. 12, pp. 34–36.
8. Babel M. *Teoreticheskie osnovy i metodologiya vybora ob'emov i tekhnologiy modernizatsii teplovozov po kriteriyu stoimosti*

zhiznennogo tsikla: Avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk [Theoretical bases and methodology of selection of volumes and technologies of modernization of locomotives using criterion of the life cycle cost: dissertation of doctor of technical sciences: 05.22.07]. Moscow, JSC "VNIIZhT", 2014, 48 p. URL: <https://search.rsl.ru/record/01005553513> (retrieved on 30.07.2019).

9. *On the system of maintenance and repair of locomotives of JSC "RZD"*: approved by the order of JSC "RZD" dated 30.12.2016, no. 2796r. As amended on 21.09.2018, no. 2070r. (in Russ.).

10. *Method of determination of the life cycle cost and the limit price of rolling stock and complicated technical systems of the railway transport*: approved by the order of JSC "RZD", dated 27.12.2007, no. 2459r. (in Russ.).

11. *Instruktsiya po raschetu nalichnoy propusknoy sposobnosti zheleznikh dorog* [Instruction for calculation of the throughput of railroads]. Moscow, Tekhinform, 2011, 289 p.

12. *Methodical guidelines for determination of technical and economic effectiveness of new and improved electric locomotives*. Moscow, Transport, 1986, 116 p. (in Russ.).

13. GOST R 27.202–2012. *Upravlenie nadezhnost'yu. Stoimost' zhiznennogo tsikla* [Reliability of equipment. Reliability control. Life cycle cost]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102419> (retrieved on 30.07.2019).

14. *Methodical recommendations for assessment of investment projects for railway transport: approved by direction of the RF Ministry of Railways*, dated 31.08.1998, no. B-1024y. (in Russ.).

15. *Methodical recommendations for calculation of economic effect of introduction of the research and development achievements and advance experience on railroads – branch of JSC "RZD"*: approved by JSC "RZD" on September 7, 2005, no. 1392r. (in Russ.).

ABOUT THE AUTHORS

Aleksander A. AKISHIN,

Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Laboratory "Electric locomotives", JSC "VNIIZhT"

Vitaliy V. BREKSON,

Fist Deputy General Director, LLC "Ural Locomotives"

Olga V. VINOGRADOVA,

Leading Engineer, Laboratory "Electric Locomotives", JSC "VNIIZhT"

Vladislav A. KUCHUMOV,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Laboratory "Electric Locomotives", JSC "VNIIZhT"

Nikolay D. MIRONOV,

Engineer, Laboratory "Electric Locomotives", JSC "VNIIZhT"

Nina B. NIKIFOROVA,

Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Laboratory "Electric locomotives", JSC "VNIIZhT"

Received 07.06.2019

Accepted 08.08.2019

■ E-mail: Mironov.Nikolay@vniizht.ru (N. D. Mironov)

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Научное сопровождение развития высокоскоростных магистралей в России: коллективная монография / под ред. А. Б. Косарева, О. Н. Назарова. М.: РАС, 2018. 119 с. (Труды АО «ВНИИЖТ»).

Рассмотрены вопросы научно-технического сопровождения работ, связанных с созданием, испытаниями, вводом в эксплуатацию систем инфраструктуры и высокоскоростного подвижного состава отечественных железных дорог.

Книга рассчитана на научных и инженерно-технических работников железнодорожного транспорта, а также может быть полезна преподавателям и студентам транспортных вузов.

По вопросам приобретения книги обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (499) 260-43-20, e-mail: rio@vniizht.ru, www.vniizht.ru.