

Транспорт

УДК 629.424.1

DOI: 10.30987/1999-8775-2020-5-23-31

Е.В. Рябко, К.А. Рябко

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВЗОВ И ПУТИ ЕЁ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Проанализирован метод оценки эффективности модернизации маневровых тепловозов. Старение парка маневровых тепловозов приводит к снижению эффективности работы железнодорожного транспорта, вследствие чего возникает необходимость поиска новых методов и средств оценки технико-экономических показателей и эксплуатационных характеристик тяговых единиц. Приведены требования к основным параметрам маневровых

тепловозов. Рассмотрены методы (инструментальный, статистический, инструментально-расчетный) оценки эффективности усовершенствований и модернизации маневровых тепловозов, их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: маневровый тепловоз, силовая дизельная установка, эксплуатация, показатели работы, требования, модернизация.

E.V. Ryabko, K.A. Ryabko

EFFECTIVENESS OF DIESEL-LOCOMOTIVE SHUNTER MODERNIZATION AND WAYS FOR ITS DEFINITION

The majority of improvements and diesel-locomotive modernizations are aimed at the decrease of diesel oil consumption and improvement of indices influencing environment ecology.

In this sense the corresponding engineering solutions are offered by many experts representing different companies including those which did not deal with diesel locomotive up-dating and testing earlier. But, as a rule, they estimate cost-effectiveness of their developments only by the results of simplified tool measurements. In the paper there are considered the following methods for the modernization assessment of diesel-locomotive shunters: a tool method, a statistical and tool-calculation method with the aid of which it is possible to assess diesel-locomotive shunter cost-effectiveness. It is necessary to take into account advantages and disadvantages of each method depending

on operation conditions of traction units. For a test (re-built) diesel-locomotive and a test one without updating it is necessary to take the same parameters (rolling-stock masses, setoff number etc.) and also conditions (plan and track profile, number, type and point location). It allows obtaining fully comparable results. A basis for the calculation of operation and power indices of diesel-locomotive shunters is a shunting mode characterizing a general and a relative duration of work in the traction mode, fuel consumption, a level of power use which is set depending on operation conditions and traction properties of a specific diesel-locomotive.

Key words: diesel-locomotive shunter, power diesel plant, operation, operation indices, requirements, modernization.

Введение

Значительная часть маневровых тепловозов, эксплуатируемых на железных дорогах, практически отработала свой ресурс и подлежит замене. При этом производство новых маневровых тепловозов идет недостаточными темпами, а финансовое положение железных дорог не позволяет обновлять локомотивы, выбывшие из эксплуатации, только постройкой и покупкой новых.

Необходимо отметить, что в странах с более благополучным состоянием экономики, развита модернизация тепловозов,

отработавших свой ресурс [1-3]. Например, железные дороги «CSX Rail Transportation» и «Burlington Northern» разработали специальные программы модернизации локомотивного парка. Десятки фирм на контрактной основе задействованы в проведении такой программы. Поставщики новых тепловозов «General Motors-Electro Motive Division» и «General Electric» организовали модернизацию тяговых средств на собственных производствах. Это развитие касается и маневровых тепловозов, принадлежащих промыш-

ленным предприятиям. В течение многих лет новые маневровые тепловозы для промышленных предприятий США не выпускались. Таким образом, в настоящее время экономически выгодным решением для

железных дорог, а именно поддержка необходимого количества маневровых тепловозов ЧМЭЗ и ТЭМ2, является установка на них экономичных и не менее надежных энергетических систем и агрегатов.

Требования, предъявляемые к маневровым тепловозам

Рассмотрим основные требования определения эффективности усовершен-

Использование тепловозов для маневровой работы на железных дорогах подразумевается практически повсеместно, независимо от рода локомотивной тяги. Эксплуатация маневровых тепловозов, а соответственно и требования к их параметрам и конструкции, весьма разнообразны. Основным условием эффективности является высокая производительность тепловоза при наименьших затратах на изготовление, модернизацию, эксплуатацию и ремонт.

Тепловозы, которые предназначены специально для маневровой работы, отличаются от поездных тепловозов меньшей нагрузкой от оси на рельс (не более 20...21 т) и пониженной удельной мощностью.

Последнее объясняется тем, что на маневрах длина передвижений, как правило, невелика, а скорость, развиваемая при разгоне, кроме технологических ограничений, зависит еще и от более тяжелых условий торможения, по сравнению с поездной работой, так как в большинстве случаев используются тормозные средства одного локомотива.

Связь между удельной касательной мощностью тепловоза и скоростью показана на рисунке. Данные приведенной зависимости свидетельствуют, что увеличение соотношения касательной мощности N_k к массе локомотива m_l более 18...20 кВт/т уже не дает ощутимого прироста скорости. Кроме того, номинальная мощность тепловоза во всех маневровых передвижениях реализуется только кратковременно. Среднесуточное (среднесменное) ее использование не превышает 5...15 %. Поэтому строить специально или модернизировать маневровые локомотивы до повышенных удельных мощностей нецелесообразно.

ствований и модернизации маневровых тепловозов.

Большое значение имеет сцепной вес тепловоза, который обеспечивает нужную для трогания силу тяги и одновременно из-за количества тормозных осей определяет силу торможения на маневрах (в отдельных случаях – с учетом использования дополнительных тормозных средств).

При необходимости сцепной вес тепловоза, который размещен на одной раме (при ограниченной нагрузке на ось) можно увеличить за счет обмоторенного прицепа (бустера), получив при этом некоторое увеличение силы тяги и дополнительное количество тормозных осей. Маневровые тепловозы должны иметь высокий коэффициент готовности к эксплуатации, для этого необходимо иметь значительный запас топлива и песка, рассчитанного на интенсивную работу без экипировок в течение достаточно длительного времени.

Дополнительным требованием является обеспечение хорошей обзорности для локомотивной бригады в обоих направлениях движения. Кроме разнообразной станционной работы, маневровые тепловозы могут периодически использоваться как вывозные, с выходом на перегоны.

Для этого они должны иметь двухрежимную тяговую характеристику, достаточно высокую конструкционную скорость и (при необходимости) обеспечивать работу по системе многих единиц. Требования к основным параметрам тепловозов для вывозной работы (при обслуживании карьеров, подъездных путей промышленных предприятий и другие), менее определенные, чем для маневровых, вследствие большого разнообразия условий эксплуатации.

При передвижении на большое расстояние тормозная магистраль состава заряжена, и условия реализации удельной касательной мощности практически не от-

личаются от поездных. Поэтому целесообразное соотношение N_k/m_l (N_k – касательная мощность тепловоза, кВт; m_l – масса тепловоза, т) для вывозных тепловозов может устанавливаться только на основании сравнения вариантов в зависимости от условий вывозки, общей длины и крутизны уклонов, имеющих ограничений скорости, тормозных средств и другие.

Однако в ряде случаев, в частности для тепловозов, эксплуатируемых на открытых выемочных пространствах (карье-

рах), основное значение приобретают тяговые, а не скоростные качества локомотива. Так, с целью увеличения сцепной силы тяги, необходимой для вывозки тяжелых составов из глубоких карьеров, применяются специальные тяговые агрегаты с обмоторенными осями. Для расчета удельной касательной мощности тепловоза в этом случае принимается суммарный сцепной вес всех обмоторенных осей состава.

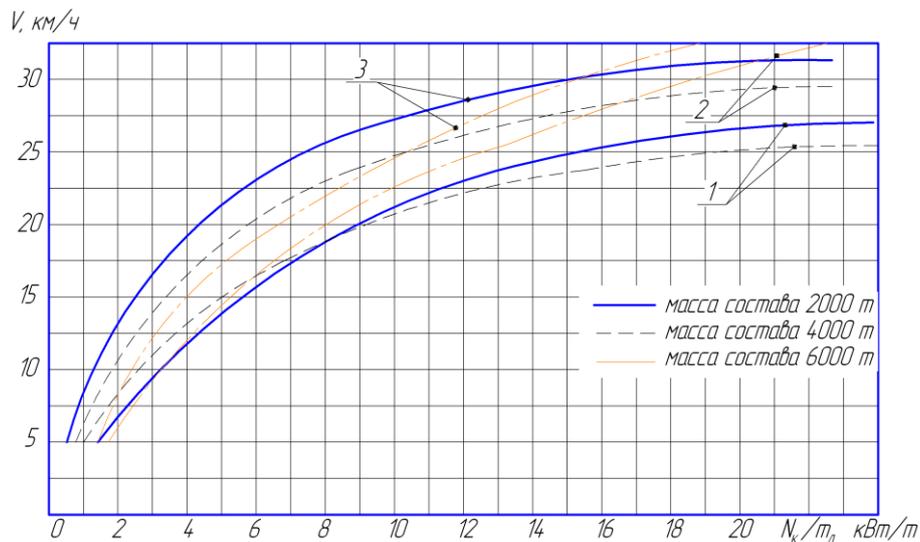


Рис. Зависимости скорости разгона от удельной касательной мощности 4, 6 и 8-осных тепловозов при составах различной массы в полурейсах ограниченной длины, равной длине стрелочной зоны и состава (профиль пути – площадка): 1 – четырехосный тепловоз; 2 – шестиосный тепловоз; 3 – восьмиосный тепловоз

Методы оценки эффективности модернизации маневровых тепловозов

Любое предложение, направленное на улучшение свойств тяговой единицы (в рассматриваемом случае маневрового тепловоза) путем ее модернизации и нужных первоначальных затрат, должно быть экономически обосновано. Методики технико-экономической оценки магистральных локомотивов используют давно [4, 5]. Как известно, маневровая работа является более сложной, разнообразной и в меньшей степени поддается формализации. Исходя из этого, для расчета эффективности службы маневровых тепловозов, необходимо создание специальных методик, которые бы учитывали специальные подходы.

Большинство усовершенствований и модернизаций маневровых тепловозов направлены на снижение расхода дизель-

ного топлива и улучшения показателей, влияющих на экологию окружающей среды. Соответствующие технические решения предлагают множество специалистов, представляющих различные организации, в том числе и те, которые ранее не занимались модернизацией и испытаниями тепловозов. Они оценивают экономическую эффективность своих разработок только по результатам упрощенных инструментальных измерений.

В то же время существуют несколько методов расчета эффективности усовершенствований и модернизации маневровых тепловозов. Прежде чем привести их, рассмотрим метод, который наиболее широко применяется и основан на инструментальных измерениях [6]. Наиболее ча-

сто этот расчет производится по результатам измерений расхода топлива до модернизации и после. При этом расход относят к мощности на зажимах тягового генератора, фиксируют только частоту вращения коленчатого вала дизеля, ток и напряжение на зажимах тягового генератора, но не используют другие измерения.

Необходимо отметить, что данная методика целесообразна, когда усовершенствование, которое снижает расход топлива, касается не дизеля, а только передачи. В случае, когда новое техническое решение применительно только для дизеля, такая оценка эффективности неизбежно приведет к ошибке. При реостатных испытаниях мощность на валу дизеля определяют по мощности на зажимах тягового генератора и по его КПД, также учитывается мощность, затрачиваемая на привод вспомогательных агрегатов. Установленная величина зависит от внешних и внутренних условий работы дизеля (температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, температуры топлива, масла и воды в системах дизеля). Существенную ошибку в определении мощности на валу дизеля допускают, если величину КПД генератора принимают постоянной при всех измерениях до и после усовершенствования.

На самом деле коэффициент полезного действия генератора непрерывно меняется в довольно значительном диапазоне. Основная (но не единственная) причина этого явления – потери в якорных и полюсных обмотках при постоянном изменении сопротивления в зависимости от степени нагрева. И если не учитывать изменение температуры медных обмоток тягового генератора и его возбuditеля, то нельзя с заданной вероятностью определить мощность на валу дизеля по мощности на зажимах тягового генератора.

Чтобы получить сравнительные результаты измерения мощностей на валу дизеля и зажимах тягового генератора, необходимо дополнительно постоянно измерять температуру его обмоток возбуждения, температуру обмоток возбuditеля, а также температуру, влажность, барометрическое давление окружающего воздуха, температуры топлива, воды и масла на входе и выходе из дизеля. Затем по специальным методикам необходимо приводить результаты всех этих измерений мощности на валу дизеля, которые определяют по мощности на зажимах тягового генератора, к одинаковым температурам медных обмоток, внешних и внутренних условий работы дизеля. Необходимо также учитывать калорийность дизельного топлива. Случаются ошибки электрических измерений из-за того, что применяются некалиброванные проводники, сопротивления которых также существенно влияют на результат измерений (а это в большинстве случаев очень распространено).

Приведенные методы нельзя назвать новыми. Они хорошо известны всем инженерам, которые занимаются испытаниями тепловозов и их узлов. Но в последнее время приходится сталкиваться с тем, что эти обстоятельства почему-то не учитываются при оценке эффективности предлагаемых модернизаций и усовершенствований тепловозов.

Ранее было отмечено, что существует несколько способов сравнения экономической эффективности усовершенствований маневровых тепловозов, а именно статистический метод сравнения экономической эффективности и инструментальный при испытании тепловозов. Рассмотрим их с точки зрения надежности получения правильного результата, точности оценки, затрат времени и средств на проведение сравнительных испытаний.

Статистический метод оценки эффективности

Статистический способ заключается в учете расхода топлива исследуемым и контрольным тепловозами или их группами. Те и другие локомотивы должны работать в одинаковых условиях, то есть в том же маневровом районе достаточно дли-

тельное время (как правило, не менее одного года). Учет производится на основании действующих документов – маршрутов машиниста и форм ТХУ-6. Надежность, точность оценки и затраты на сравнительные испытания зависят от продол-

жительности испытаний и объемов выборки (количества) исследуемых и контрольных тепловозов. Как возможный вариант статистической оценки является сменная работа исследуемого тепловоза с проведенной модернизацией и его же в серийном варианте [6-8].

К недостатку рассматриваемого способа необходимо отнести сложность, а в некоторых случаях и невозможность создания одинаковых условий работы для исследуемых и контрольных локомотивов на достаточно длительное время. Как известно, равнозначных условий эксплуатации не существует. Поэтому для одного и

того же тепловоза практически невозможно обеспечить одинаковые режимы работы, массы составов и другие условия в разные периоды времени. Чтобы получить в этом случае достоверные результаты, данный метод требует достаточного количества сравниваемых образцов (порядка 15...30, а в некоторых случаях и более), длительного времени проведения испытаний (обычно несколько лет) и значительные расходы средств. При оценке усовершенствований с небольшим предположительным экономическим эффектом этот способ использовать не рекомендуется.

Инструментальный метод оценки эффективности

Инструментальный способ сравнения эффективности различных модернизаций может быть применен в процессе эксплуатации тепловоза или при его стационарных испытаниях на реостате, а также при испытании дизель-генератора на стенде. Данный способ сравнения при эксплуатации тепловоза состоит в измерении расхода топлива, параметров движения, работы дизеля и передачи. Он требует специального измерительного оборудования для автоматической регистрации измерений, прицепки и подключения тягово-энергетической лаборатории или установки измерительной аппаратуры непосредственно на тепловозе [6-8].

К основному недостатку этого способа относится изменение условий испытания как в процессе одного измерения, так и при выполнении следующего, даже в том случае, когда пытаются поддерживать установившийся режим движения. Подобные измерения при движении тепловоза в установившихся режимах обычно проводят на специальных полигонах (экспериментальном кольце или полигоне). Кроме того, он требует использования дополнительного вагона лаборатории.

Таким образом, данный метод более целесообразен в условиях эксплуатации для исследований магистральных тепловозов в поездной работе. Так, в 2000 г. проводились такие испытания специалистами ХК «Лугансктепловоз» для исследования надежности отдельных узлов тепловозов

2ТЭ116 различных модификаций и отработки ряда теплотехнических мероприятий.

Необходимо отметить, что для осуществления таких испытаний необходимо соблюдать ряд регламентированных требований. В период эксплуатационных испытаний тепловоз должен быть полностью исправен. Дизель, как и тепловоз в целом, подвергается проведению технического осмотра, во время которого осуществляется проверка топливных насосов и снятых форсунок, очистка впускных и выпускных клапанов, фильтров очистки наддувочного воздуха, осмотр и регулировка автоматики холодильника, электрических машин, электрических аппаратов и цепей, а также работа аппаратов защиты. При подготовке тепловоза к испытаниям тщательно проверяется состояние экипажной части. Тепловоз подбирается с минимальной разницей в прокате и диаметре колесных пар. Перед экспериментальными поездками тепловоз отставляется на реостатные испытания, во время которых регулируется мощность дизель-генераторной установки по тепловозной характеристике, контролируется температура газов на выпуске из цилиндра, максимальное давление сгорания и давление сжатия, удельный и часовой расходы топлива. Данные этих реостатных испытаний и настройки должны соответствовать требованиям правил текущего (деповского) ремонта тепловозов.

Испытания проводятся на участке с наиболее характерным профилем (длина, наличие подъемов и т.д.). Масса состава берется в соответствии с установленными нормами на данном участке. Колебания массы состава для различных поездов не должны превышать величины ± 50 т. Опытные поездки проводятся в обычных условиях поездной работы, то есть движение поезда осуществляется строго по графику. Для уменьшения влияния субъективных факторов экспериментальные поездки выполняются специальными прикрепленными локомотивными бригадами, имеющими значительный опыт работы на данной серии тепловоза и данном участке. В поездках обязательно участвует машинист-инструктор, на которого возлагаются обязанности контроля по соблюдению режимной карты ведения поезда. Для обеспечения требуемой точности получаемых результатов перед испытаниями производится тарировка приборов (вагонного динамометра,

скоростемеров), устанавливаются масштабы скорости, силы тяги и т.д.

В процессе поездок в ПЭВМ тягово-энергетической лаборатории вводятся следующие данные:

- сила тяги и нулевая линия;
- скорость и нулевая линия;
- торможение;
- продолжительность пройденного пути;
- время, с заданной частотой дискретизации;
- положение контроллера на каждой позиции и работе на ней;
- ток и напряжение тягового генератора;
- включение и выключение вспомогательных нагрузок (компрессора, вентиляторов холодильника);
- постоянный расход топлива дизелем;
- подача песка под колесные пары;
- прохождение оси станции.

Особенности оценки эффективности маневровых тепловозов

Испытания при маневровых передвижениях сложнее, чем в условиях движения с поездом на перегоне. Они требуют обработки многочисленных измерений. Подобные испытания с тягово-энергетической лабораторией для исследования режимов работы маневровых тепловозов просто невозможны из-за большой их стоимости и сложности решения технических проблем.

Кроме того, исключается полное равенство всех внешних условий проведения каждой поездки. Когда исследуют работу магистральных тепловозов, режимы экспериментальных поездок еще можно приблизить к действительным условиям эксплуатации. При испытаниях маневровых тепловозов в реальной эксплуатации во время движения практически невозможно провести опытные поездки и повторить идентичные рейсы (полурейсы) основных маневровых операций.

В настоящее время одним из важнейших показателей при оценке эффективности подвижного состава является стоимость жизненного цикла тяговой

единицы *LCC*. Преимуществом данной методики является учет полных расходов по эксплуатации подвижного состава во всем периоде жизненного цикла, а не только начальных расходов, связанных с модернизацией [9]. Метод *LCC* перспективен и наиболее целесообразен на сегодняшний день, однако его применение затруднено в условиях эксплуатации устаревшего подвижного состава и плохого инвестиционного климата, поэтому его применение практически нереализуемо для условий Донецкой железной дороги.

В этом случае актуальным является вопрос: возможна ли вообще, кроме эксплуатационных испытаний, другая оценка усовершенствований и модернизаций маневровых тепловозов. Дает ли она действительные результаты, которые соответствуют тем, которые будут получены в реальной эксплуатации, то есть не в процессе экспериментальной поездки, не на реостате и не на экспериментальном стенде, а именно в маневровой работе. В настоящее время на этот вопрос можно дать положительный ответ.

Инструментально-расчетный метод оценки эффективности

Сравнительную оценку эффективности серийного маневрового тепловоза по отношению к его модернизированному варианту можно сделать, применяя современный комплекс методик, включающих инструментально-расчетный способ сравнения [6-8]. Он заключается в том, что при его проведении необходимо выполнить последовательно следующие измерения и расчеты:

- определить при известной температуре сопротивление электрических цепей тепловоза и его тяговых электрических машин;

- при нагрузке дизель-генераторной установки на реостат определить расход топлива и снять характеристики тягового генератора до модернизации на тепловозе и после неё;

- по специальным методикам все результаты измерений привести к одинаковым температурам обмоток электрических машин, а также внешним и внутренним условиям работы дизеля;

- используя эти измерения, определить характеристики тягового генератора $U_g = f(I_g)$ и топливные характеристики дизеля $g_e = f(N_e, n_d)$, где U_g – напряжение на зажимах генератора, I_g – ток тягового генератора, g_e – удельный расход топлива, N_e – эффективную мощность дизеля, n_d – частоту вращения коленчатого вала дизеля;

- по специально разработанным программам на ПЭВМ характеристики тягового генератора $U_g = f(I_g)$ преобразуются в тяговые характеристики тепловоза $F_k = f(V_k)$, а расходные характеристики дизеля $g_e = f(N_e, n_d)$ в топливные, приведенные к мощности на зажимах тягового генератора $g_e = f(P_g, n_{noz})$ или к касательной мощности тепловоза на ободу колеса $g_e = f(N_k, n_{noz})$, где F_k – касательная сила тяги, V_k – скорость движения тепловоза, N_k – касательная мощность тепловоза на ободу колеса, P_g – мощность на зажимах тягового генератора, n_{noz} – позиция контроллера машиниста. При этом формируются программные файлы тяговых и

топливных характеристик контрольного тепловоза до модернизации и в последующей эксплуатации;

- далее по стандартным алгоритмам следует выполнить тяговые расчеты основных операций маневровой работы: расформирование составов на сортировочной горке и передвижение их из парка формирования в парк отправления, маневров перестановкой и толчками, маневров на пассажирской и на товарной станциях и т.д.;

- определить распределение параметров выполняемой работы маневровыми тепловозами, на которых предполагается модернизация, а также долю каждого вида маневровой работы;

- по результатам тяговых и топливных расчетов, распределениям параметров маневровой работы определить затраты времени и топлива базовым и модернизированным тепловозом;

- в соответствии с затратами времени и топлива базовым и модернизированным тепловозом определить стоимость тепловозо-часов, годовые эксплуатационные расходы.

Только после этого, зная единовременные затраты, разрабатывается инвестиционный проект такого предполагаемого усовершенствования или модернизации.

Для опытного (модернизированного) тепловоза и контрольного без модернизации необходимо принимать одинаковые параметры (массы составов, число отцепок и др.), а также условия (профиль и план пути, количество, тип и расположение стрелочных переводов). Это позволяет получить полностью сравнимые результаты. Разница во времени выполнения маневровой операции и в расходе топлива на ее выполнение будет зависеть только от тяговых и топливных характеристик, которые могут меняться от предлагаемого варианта модернизации маневрового тепловоза.

Кроме того, такой расчет позволяет исключить погрешности, неизбежные в случае инструментальных испытаний, при движении тепловоза из-за изменения условий в процессе измерений. Одним из недостатков такой методики является отсутствие учета влияния мероприятий по изме-

нению конструкции на надежность локомотива. Учет надежности характеристик штатного и модернизированного тепловоза возможно провести при наличии массива статистических данных отказов узлов и агрегатов, что подразумевает их длительную эксплуатацию. Предлагаемая методика позволяет достаточно быстро оценить эффективность модернизации и может быть реализована в процессе эксплуатационных испытаний. Также инструментально-расчетный метод оценки эффективно-

Заключение

Оценка эффективности существующих и модернизируемых маневровых тепловозов предполагает сопоставление важнейших эксплуатационных и стоимостных показателей, получаемых при эксплуатации в одинаковых условиях.

Расчет ожидаемой эффективности целесообразно проводить для наиболее типичных видов маневров на железнодорожных станциях:

- горочных (по надвиганию составов, их роспуска и выполнению вспомогательных операций на соответствующем профиле сортировочных горок);
- перестановочных (выходных горловинах сортировочных или сортировочно-отправочных парков станций);
- грузовых (по подаче групп вагонов к грузовым фронтам).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осяев А.Т., Никифоров А.Т. О системе обслуживания локомотивов за рубежом // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2012. № 5. С. 56-62.
2. Мовчан А. Опыт проведения модернизации тепловозов серии М62, 2М62 и 2М62у на UAB VILNIAS LOKOVJNYVU REMONTO DAPAS // Локомотив-информ. 2007. № 11. С. 36-42.
3. Szkoda M., Babel M. Анализ целесообразности модернизации тепловозов серии SM42 в двухдизельном варианте с учётом критерия стоимости жизненного цикла (LCC) // Инновации и инвестиции. 2014. Т. 3. С. 234-238.
4. Фельдман Э. Д. Сравнительная технико-экономическая эффективность автономных видов тяги. М.: Транспорт, Тр. ЦНИИ МПС, 1967. Вып. 333.1. 180 с.
5. Фельдман Э.Д. Технико-экономическое обоснование основных параметров магистральных тепловозов на перспективу // Тепловозы. Под

сти был апробирован на полигоне Донецкой железной дороги при эксплуатационных испытаниях модернизированного тепловоза ЧМЭЗП локомотивного депо «Попасная», маневровых тепловозов ЧМЭЗ, ЧМЭЗт локомотивного депо Ясиноватая модернизированных системой контроля расхода топлива «БИС-Р» и аккумуляторно-конденсаторной системой пуска, который подтвердил эффективность предлагаемых модернизаций.

На промышленном транспорте эффективность маневровых тепловозов можно определить по сокращению времени маневров.

При эксплуатационной проверке эффективности существующих и модернизируемых тепловозов сравнительные расчеты должны осуществляться для фактически выполняемого вида маневров и конкретных условий работы.

Основой для расчета эксплуатационных и энергетических показателей маневровых тепловозов служит маневровый режим, характеризующий общую и относительную продолжительность работы в режиме тяги, расход топлива, уровень использования мощности. Он устанавливается в зависимости от условий работы и тяговых свойств конкретного тепловоза.

ред. Панова Н.И. М.: Машиностроение. 1976. С. 34-63.

6. Володин А.И. Методы оценки технического состояния, эксплуатационной экономичности и экологической безопасности дизельных локомотивов. М.: ООО «Желдориздат». 2007. 264 с.
7. Михеев В.А. Аналитические методы оценки тяговых, экономических и экологических характеристик тепловозов // Вестник ИрГТУ. 2009. №3 (39). С. 61-64.
8. Неревяткин К.А. Совершенствование методики определения технических характеристик проектируемых локомотивов на основе математического моделирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Москва, 1998. 225 с.
9. Бабел М., Шкода М, Коссов Е.Е. Анализ стоимости жизненного цикла (LCC) при оценке эффективности подвижного состава // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2013. № 6. С. 55-60.

- | | |
|--|--|
| <p>10. Гребенюк П.Т., Долганов А.Н., Скворцова А.И. Тяговые расчеты / Справочник. М.: Транспорт. 1987. 272 с.</p> <p>11. Гребенюк П. Т. [и др.]. Правила тяговых расчетов для поездной работы. М.: Транспорт. 1985. 287 с.</p> <p>1. Osyaev A.T., Nikiforov A.T. On system of locomotive maintenance abroad // <i>Bulletin of Research Institute of Railway Transport</i>. 2012. No.5. pp. 56-62.</p> <p>2. Movchan A. Modernization Experience of diesel locomotives series M62, 2M62 and 2M62u at UAB VILNIAS LOKOVJNYVU REMONTO DAPAS // <i>Locomotive-Inforn</i>. 2007. No. 11. pp. 36-42.</p> <p>3. Szkoda M., Babel M. Expediency analysis for modernization of diesel locomotives series SM42 in two-diesel version taking into account life cost criterion (LCC) // <i>Innovations and Investments</i>. 2014. Vol. 3. pp. 234-238.</p> <p>4. Feldman E.D. Comparative technical and economic efficiency of autonomous traction kinds. М.: Transport, <i>Proceedings of CRI of MRT</i>, 1967. Issue 333.1. pp. 180.</p> <p>5. Feldman E.D. Technical and economic substitution of basic parameters of main-line diesel-locomotives for outlook // <i>Diesel-locomotives</i>. Under the editorship of Panov N.I. М.: Mechanical Engineering. 1976. pp. 34-63.</p> <p>6. Volodin A.I. <i>Methods for Assessment of Technical State, Operation Efficiency and Ecological Safety of Diesel-Locomotives</i>. М.: PC "Zheldorizdat". 2007. pp. 264.</p> | <p>12. Кузьмич В.Д. Теория локомотивной тяги: учеб. для вузов ж.-д. транспорта / под общ. ред. В.Д. Кузьмича. М.: Издательство «Маршрут». 2005. 448 с.</p> <p>13. Третьяков А.П. Подвижной состав и тяговое хозяйство железных дорог. М.: Транспорт. 1971. 352 с.</p> <p>7. Mikheev V.A. Analytical methods for assessment of traction, economic and ecological characteristics of diesel-locomotives // <i>Bulletin of IrSTU</i>. 2009. No.3(39). pp. 61-64.</p> <p>8. Nerevyatkin K.A. <i>Improvement of Procedure for Definition of Technical Characteristics of Diesel-Locomotives Designed on Basis of Mathematical Modeling</i>: thesis of Can. Sc. Tech. Degree: 05.22.07. Moscow, 1998. pp. 225.</p> <p>9. Babel M., Shkoda M., Kossov E.E. Analysis of life cycle cost (LCC) at assessment of rolling-stock efficiency // <i>Bulletin of Research Institute of Railway Transport</i>. 2013. No.6. pp. 55-60.</p> <p>10. Grebenyuk P.T., Dolganov A.N., Skvotsova A.I. <i>Traction Calculation</i> / Reference Book. Transport. 1987. pp. 272.</p> <p>11. Grebenyuk P.T. [et al.]. <i>Rules of Traction Calculations for Train Work</i>. М.: Transport. 1985. pp. 287.</p> <p>12. Kuzmich V.D. <i>Theory of Locomotive Traction: Railway College Textbook</i> / under the general editorship of V.D. Kuzmich. М.: "Marshrut Publishers". 2005. pp. 448.</p> <p>13. Tretiyakov A.P. <i>Rolling-Stock and Railway Traction Park</i>. М.: Transport. 1971. pp. 352.</p> |
|--|--|

Ссылка для цитирования:

Рябко Е.В., Рябко К.А. Эффективность модернизации маневровых тепловозов и пути её определения // *Вестник Брянского государственного технического университета*. 2020. № 5. С. 23-31. DOI: 10.30987/1999-8775-2020-5-23-31.

Статья поступила в редакцию 14.01.20.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета

Кобищанов В.В.,

член редсовета журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 20.04.20.

Сведения об авторах:

Рябко Евгения Владимировна, к.т.н., доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог» Донецкого института железнодорожного транспорта, e-mail: evgeniya.ryabko@gmail.com.

Ryabko Evgenia Vladimirovna, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. "Rolling-Stock", Railway Transport Institute of Donetsk, e-mail: evgeniya.ryabko@gmail.com.

Рябко Константин Александрович, к.т.н., доцент, декан факультета «Управление на железнодорожном транспорте» Донецкого института железнодорожного транспорта, e-mail: railroader@yandex.ru.

Ryabko Konstantin Alexandrovich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. Dean of the Faculty "Railway Transport Control", Railway Transport Institute of Donetsk, e-mail: railroader@yandex.ru.