

Н.В. Гребенников, Д.А. Любарцев

ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ МАНЕВРОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Аннотация. В статье представлена концепция модернизации маневрового тепловоза ТЭМ18ДМ путем интеграции бортового литий-ионного накопителя энергии НЭ-288-870, используемого на контактно-аккумуляторном электровозе ЭМКА2 и асинхронного тягового привода. Предложены компоновочные и схемотехнические решения по внедрению накопителя энергии с формированием общего звена постоянного тока. Представлены результаты расчета тяговых характеристик в различных режимах работы, включая движение от накопителя энергии. Показано, что перевод маневровых операций на гибридную тягу обеспечивает снижение расхода дизельного топлива до 20%, рост общего КПД локомотива и увеличение межремонтного ресурса дизеля.

Ключевые слова: гибридный маневровый локомотив, тепловоз ТЭМ18ДМ, накопитель энергии, электровоз ЭМКА2, асинхронный тяговый привод, энергоэффективность, пассажирские поезда, экологическая безопасность, рекуперация энергии.

Для цитирования: Гребенников, Н. В. Тягово-энергетическое обоснование применения гибридных маневровых локомотивов для формирования пассажирских поездов в условиях Северо-Кавказской железной дороги / Н. В. Гребенников, Д. А. Любарцев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 102–107. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_102.

В структуре железнодорожного комплекса Российской Федерации особое значение имеет обеспечение высокой энергетической и экологической эффективности перевозочного процесса [1]. Специфика маневрово-вывозной работы, выполняемой тепловозами, связана с существенной техногенной нагрузкой на окружающую среду [2]. Данная проблема обостряется при эксплуатации маневровых тепловозов в зонах с особым природоохранным статусом, к которым относятся курортные регионы, а также территории пассажирских вокзалов, крупных станций и локомотивных депо. Отработавшие газы дизельных силовых установок содержат значительный объем оксидов азота, диоксида углерода и сажи, а функционирование ДВС на повышенных оборотах генерирует высокий уровень акустического загрязнения, что приводит не только к экологической деградации прилегающих территорий, но и к ощутимым финансовым издержкам транспортной компании в виде компенсационных выплат и штрафных санкций. Снижение данных негативных факторов возможно либо путем полномасштабного обновления парка маневровых локомотивов за счет закупки новых единиц на гибридной и электрической тяге, либо посредством глубокой модернизации существующего парка с установкой бортовых накопителей энергии [3-5]. Учитывая высокую капиталоемкость закупки новых локомотивов, вариант модернизации эксплуатируемого подвижного состава выступает наиболее обоснованным и экономически целесообразным решением, позволяющим продлить нормативный срок службы машин при существенном улучшении их экологических и энергетических характеристик [6-7].

Наиболее массовыми сериями маневровых тепловозов, эксплуатируемых на железнодорожной сети, являются ЧМЭЗ и ТЭМ18ДМ. Тепловозы серии ЧМЭЗ к настоящему

времени характеризуются высокой степенью физического и морального износа, в связи с этим в качестве базового для создания гибридного маневрового локомотива выбран тепловоз ТЭМ18ДМ, обладающий возможностью для проведения агрегатных модификаций.

Концепция модернизации ТЭМ18ДМ предусматривает несколько этапов, на первом этапе – внедрение накопителя электрической энергии, а на втором – комплексную замену традиционных коллекторных тяговых электродвигателей на асинхронные тяговые машины, что позволит устранить ограничение по коллекторно-щёточному аппарату, существенно расширить диапазон реализации максимальной силы тяги, повысить надежность электрической передачи мощности и уменьшить эксплуатационные расходы на ее техническое обслуживание.

Анализ режимов работы дизель-генераторной установки ТЭМ18ДМ в течение 12-часовой маневровой смены указывает на крайнюю неравномерность распределения нагрузок (рис. 1.).



Рис. 1. Распределение времени работы по позициям

В течение смены локомотив находится в режиме холостого хода и на первых трех позициях контроллера машиниста суммарно около 10,5 часов, из которых 8,04 часа приходится на холостой ход. В этом диапазоне расходуется 117,24 кг дизельного топлива, а выработанная энергия составляет 1390,6 кВт·ч. При этом на высшей, 8-й позиции контроллера тепловоз работает всего 0,75 часа (45 минут), расходуя 47,34 кг топлива и вырабатывая 1684,6 кВт·ч энергии.

Оценка универсальных характеристик дизельных двигателей показывает, что наибольший эксплуатационный КПД и минимальный удельный расход топлива достигаются исключительно в диапазоне номинальных нагрузок, то есть на 8-й позиции контроллера. На холостом ходу и низших позициях дизель работает с низким коэффициентом полезного действия и увеличенными удельными выбросами несгоревших углеводородов, а следовательно, целесообразно перевести работу дизель-генератора преимущественно в режим оптимальной нагрузки для подзарядки накопителя, а выполнение маневровых операций при неполной мощности реализовывать за счет накопленной электрической энергии.

В качестве системы аккумулирования энергии обосновано применение тягового накопителя НЭ-288-870, штатно используемого на контактно-аккумуляторном электровозе ЭМКА2. Данный накопитель построен на базе морозостойчивых литий-ионных батарей, состоит из двух электросекций, имеет номинальную емкость 288 А·ч и полезную запасаемую энергию 200 кВт·ч при прогнозируемом сроке службы до 10 лет. Силовые модули накопителя выполнены из нетоксичных, трудногорючих и взрывобезопасных материалов, а

энергетический потенциал данного накопителя обеспечивает вождение поезда массой до 2000 тонн на расстояние до 14 км либо одиночное следование локомотива на расстояние до 100 км.

Интеграция накопителя энергии в конструкцию ТЭМ18ДМ представлена на рис. 2. Основной блок накопителя размещается в пространстве за кабиной машиниста, где ранее располагались штатные аккумуляторные батареи, а сами аккумуляторные батареи переносятся под переходную площадку в специально оборудованные ниши с технологическими люками, обеспечивающими беспрепятственное проведение обслуживающих работ.

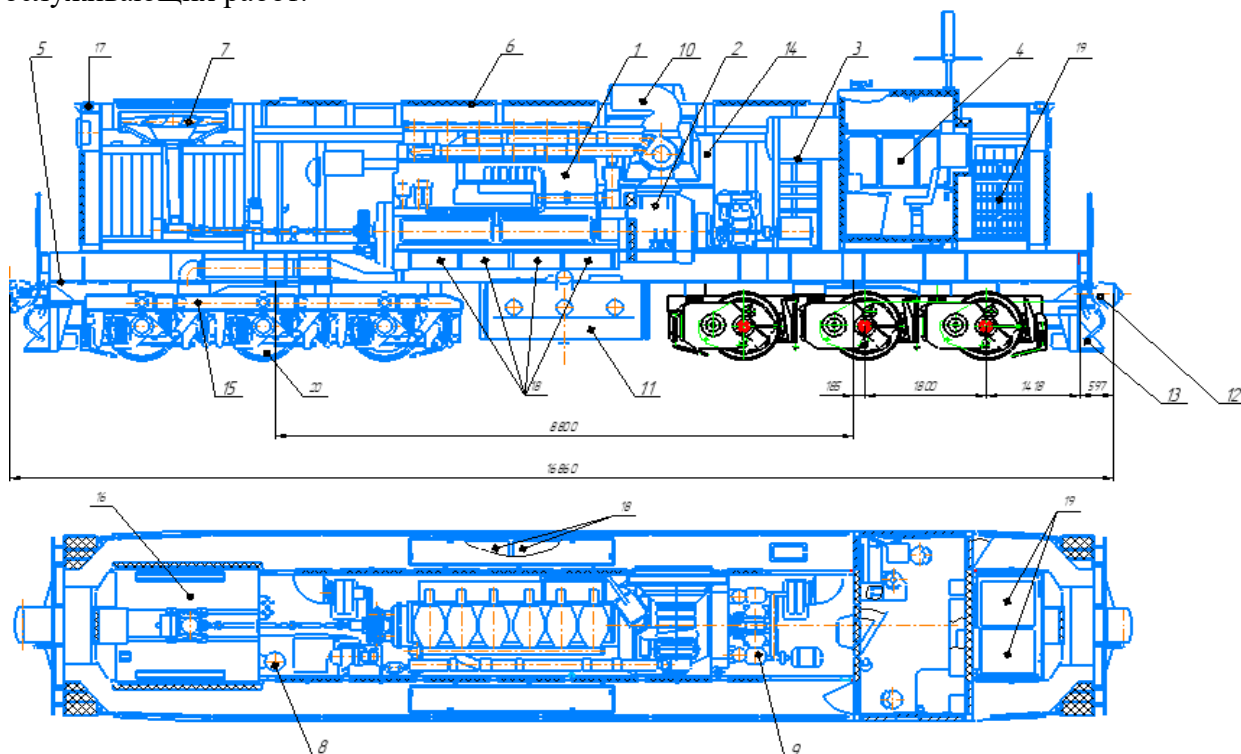


Рис. 2. Компоновка ТЭМ18ДМ с накопителем энергии

- 1 – дизель; 2 – генератор; 3 – камера высоковольтная; 4 – кабина машиниста;
 5 – рама тепловоза; 6 – кузов; 7 – вентилятор; 8 – топливоподогреватель;
 9 – компрессор; 10 – искрогаситель; 11 – бак топливный; 12 – автосцепка;
 13 – путеочиститель; 14 – воздухоочиститель; 15 – тележка; 16 – камера холодильника;
 17 – песочница; 18 – батарея аккумуляторная; 19 – накопитель энергии; 20 – колесная пара

В результате проведенных компоновочных изменений полная масса модернизированного тепловоза увеличивается со 126 до 128 тонн, что соответствует нагрузке на ось 22 тонны и не превышает установленные нормативы воздействия на путь.

На втором этапе модернизации производится замена электрического тягового оборудования тепловоза ТЭМ18ДМ. Общая концепция базируется на формировании общего звена постоянного напряжения, объединяющего выпрямитель стартер-генератора, двунаправленный преобразователь накопителя энергии и автономные инверторы напряжений, питающие асинхронные тяговые двигатели.

Наличие единого звена постоянного тока обеспечивает гибкое распределение потоков мощности и позволяет задействовать асинхронные двигатели по дискретной схеме с подключением минимально необходимого количества машин в зависимости от массы поезда и профиля пути. Зарядка накопителя осуществляется либо от дизель-генератора в режиме его оптимальной нагрузки, либо за счет рекуперативного торможения. Расчет тяговых характеристик показывает увеличение касательной мощности модернизированного локомотива в гибридном режиме с базовых 606,19 кВт до 809,55 кВт, что обеспечивает лучшие

тягово-энергетические характеристики во всем диапазоне скоростей от 0 до 100 км/ч. В режиме работы исключительно от бортового накопителя энергии касательная мощность составляет 299,28 кВт, а касательная сила тяги при скорости 5 км/ч достигает 215,48 кН, что является достаточным для трогания с места и выполнения маневровой работы по формированию пассажирских поездов без включения дизельного двигателя.

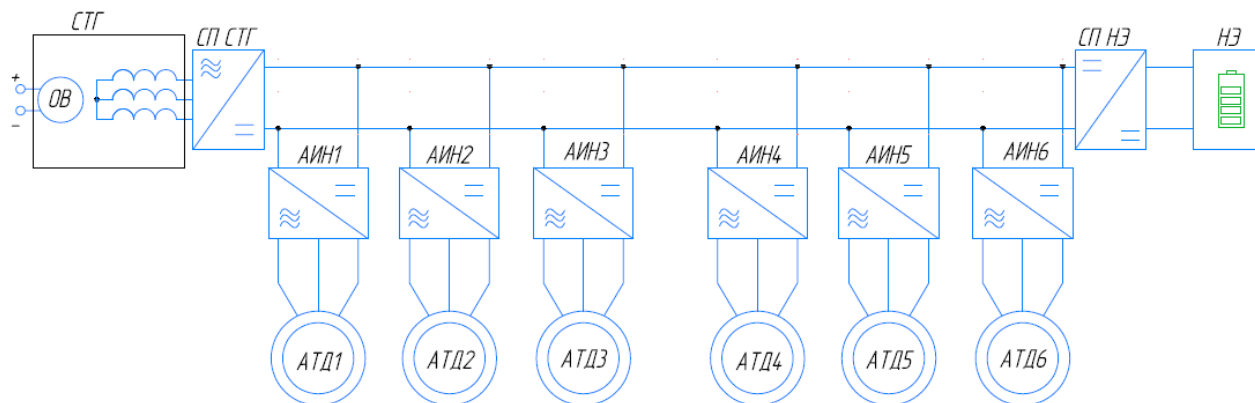


Рис. 3. Силловая схема гибридного тепловоза с асинхронным приводом

Заключение. Предложенная концепция модернизации маневрового тепловоза ТЭМ18ДМ путем интеграции литий-ионного накопителя энергии от электровоза ЭМКА2 и асинхронного тягового привода представляет собой научно обоснованное решение задачи по повышению энергетической и экологической эффективности автономной тяги, что позволяет минимизировать долю времени работы дизельного двигателя на холостом ходу и низших позициях контроллера, обеспечить снижение расхода топлива до 20%, увеличить КПД локомотива на 6% и продлить ресурс дизеля, что обеспечивает возможность выполнения маневровых операций на территории вокзалов и природоохранных зон исключительно за счет энергии накопителя и исключает вредные выбросы и акустическое загрязнение в местах постоянного пребывания людей, что соответствует Экологической стратегии ОАО «РЖД» [8].

Список литературы

1. Кереселидзе, Н. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» как драйвер развития «зелёной» логистики и интеграция таможенных решений / Н. Кереселидзе, А. В. Федотов // Тенденции развития логистики и управления цепями поставок : Сборник статей VI международной научно-практической конференции, Казань, 09–10 октября 2025 года. – Казань: ЗАО «Университетская книга», 2025. – С. 169-171.
2. Фадеев, В. С. Методы снижения шума от технологических объектов на железнодорожном транспорте / В. С. Фадеев, Ю. А. Грушников, Т. Е. Флянтикова // Защита от повышенного шума и вибрации : сборник трудов конференции IX Всероссийской научно-практической конференции с

References

1. Kereselidze, N. Environmental strategy of JSC Russian Railways as a driver for the development of “green” logistics and integration of customs solutions / N. Kereselidze, A. V. Fedotov // Trends in the development of logistics and supply chain management: Collection of articles from the VI international scientific and practical conference, Kazan, October 9–10, 2025. - Kazan: ZAO Universitetskaya kniga, 2025. - P. 169-171.
2. Fadeev, V. S. Methods for reducing noise from technological objects in railway transport / V. S. Fadeev, Yu. A. Grushnikov, T. E. Flyantikova // Protection from increased noise and vibration: collection of conference papers of the IX All-Russian scientific and practical conference with international participation, St. Petersburg, April 26–28, 2023. – St.

международным участием, Санкт-Петербург, 26–28 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2023. – С. 229-237.

3. **Зарифьян, А. А.** Концептуальные направления развития структуры тягово-энергетических систем локомотивов / А. А. Зарифьян, Н. В. Гребенников // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2024. – Т. 67, № 3. – С. 92-98.

4. **Гребенников, Н. В.** О целесообразности внедрения многодизельных установок в магистральную тягу / Н. В. Гребенников // Транспорт: наука, образование, производство : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 23–25 апреля 2025 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 33-36.

5. **Талахадзе, Т. З.** Гибридная тяговая система локомотива / Т. З. Талахадзе // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3(72). – С. 67-70.

6. **Талахадзе, Т. З.** Схемотехнические решения применения модульной силовой установки на локомотивах / Т. З. Талахадзе, И. А. Баланов, М. Г. Кришталева // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3(68). – С. 79-83.

7. **Талахадзе, Т. З.** Улучшение тягово-энергетических характеристик автономных локомотивов за счет применения модульного исполнения элементов тяговой системы / Т. З. Талахадзе, Н. В. Гребенников, И. В. Больших // Бюллетень результатов научных исследований. – 2023. – № 4. – С. 78-89.

8. **Носков, В. Н.** О научном сопровождении Энергетической стратегии железнодорожного транспорта / В. Н. Носков, И. В. Мартынюк, Н. С. Флегонтов // Транспорт: наука, образование, производство: Материалы Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 24–26 апреля 2024 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский

Petersburg: Institute of Acoustic Structures, 2023. – P. 229–237.

3. **Zarifyan, A. A.** Conceptual directions of development of the structure of traction and energy systems of locomotives / A. A. Zarifyan, N. V. Grebennikov // News of higher educational institutions. Electromechanics. - 2024. - V. 67, No. 3. - P. 92-98.

4. **Grebennikov, N. V.** On the feasibility of introducing multi-diesel units into mainline traction / N. V. Grebennikov // Transport: science, education, production: Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference, Rostov-on-Don, April 23–25, 2025. – Rostov-on-Don: Rostov State University of Railway Engineering, 2025. – P. 33–36.

5. **Talakhadze, T. Z.** Hybrid traction system of a locomotive / T. Z. Talakhadze // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. - 2025. - No. 3 (72). - P. 67-70.

6. **Talakhadze, T. Z.** Circuit solutions for using a modular power plant on locomotives / T. Z. Talakhadze, I. A. Balanov, M. G. Krishtalev // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. - 2024. - No. 3 (68). - P. 79-83.

7. **Talakhadze, T. Z.** Improving the traction and energy characteristics of autonomous locomotives through the use of modular design of traction system elements / T. Z. Talakhadze, N. V. Grebennikov, I. V. Bolshikh // Bulletin of scientific research results. - 2023. - No. 4. - P. 78-89.

8. **Noskov, V. N.** On scientific support for the Energy Strategy of Railway Transport / V. N. Noskov, I. V. Martynyuk, N. S. Flegontov // Transport: science, education, production: Proceedings of the International scientific and practical conference, Rostov-on-Don, April 24–26, 2024. – Rostov-on-Don: Rostov State University of Railway Engineering, 2024. – P. 110–114.

государственный университет путей
сообщения, 2024. – С. 110-114.

N.V. Grebennikov, D.A. Lyubartsev

TRACTION AND ENERGY JUSTIFICATION FOR THE USE OF HYBRID SHUNTING LOCOMOTIVES FOR PASSENGER TRAIN FORMATION ON THE NORTH CAUCASUS RAILWAY

Abstract. The article presents the concept of modernizing the TEM18DM shunting diesel locomotive by integrating an asynchronous traction drive and an on-board NE-288-870 lithium-ion energy storage device used on the EMKA2 battery-electric locomotive. Layout and circuit design solutions are proposed for implementing the energy storage system with the formation of a common DC link. The results of traction characteristics calculations across various operating modes, including movement powered by the energy storage device, are presented. It is shown that transitioning shunting operations to hybrid traction ensures a reduction in diesel fuel consumption by up to 20%, an increase in the overall efficiency of the locomotive, and an extension of the diesel engine's overhaul life.

Keywords: hybrid shunting locomotive, TEM18DM diesel locomotive, energy storage, EMKA2 electric locomotive, asynchronous traction drive, energy efficiency, passenger trains, environmental safety, energy recovery.

For citation: Grebennikov, N. V. Traction and Energy Justification for the Use of Hybrid Shunting Locomotives for Passenger Train Formation on the North Caucasus Railway / N. V. Grebennikov, D. A. Lyubartsev // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 102–107. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_102.

Сведения об авторах

Гребенников Николай Вячеславович

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

Любарцев Даниил Александрович

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

Information about the authors

Grebennikov Nikolay Vyachaslavovich

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

Lyubartsev Daniil Alexandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student,
e-mail: llh@rgups.ru