

УДК 629.424.14-83

Губачева Л. А. доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля».

Макарова И. В. доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация: Статья посвящена вопросам повышения энергетической эффективности автономных локомотивов в производственных транспортных логистических системах. Рассмотрены вопросы ресурсосберегающей модернизации маневрово-вывозных тепловозов путем использования гибридных силовых установок. Предложена модернизация локомотивов для эксплуатации на альтернативных видах топлива, которая позволит сократить расход топлива и повысить энергоэффективность.

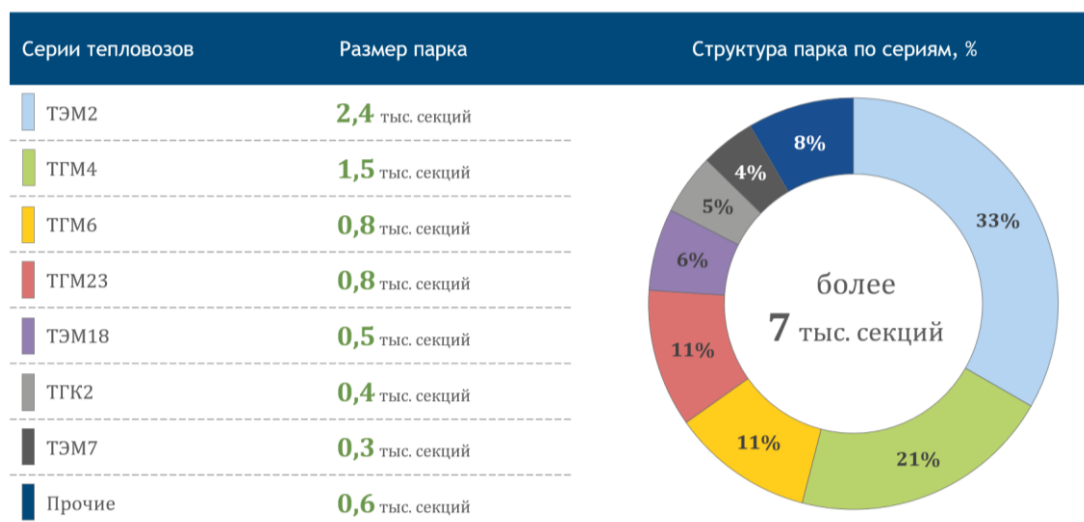
Ключевые слова: дизель, котел-парогенератор, турбина, пароперегреватель, конденсатор пара, расход топлива, затраты на топливо

Введение

Необходимость обновления локомотивов связана с интенсивным старением парка. Как следует из презентации Института проблем естественных монополий (ИПЕМ), 81%, или около 6000, маневровых локомотивов на путях необщего пользования старше 30 лет, после которого им запрещен выход на сеть РЖД (пути общего пользования). По данным Росстата, в январе - феврале 2023 г. в России было построено 39 маневровых тепловозов (-15,2% к январю - февралю 2022 г.), в феврале - 19 маневровых тепловозов (-26,9% к февралю 2022 г.) [1].

В России назревает дефицит мощностей по строительству и модернизации маневровых локомотивов, принадлежащих промышленным предприятиям. Это следует из презентации Института проблем естественных монополий (ИПЕМ). Проблему подтвердили в ассоциации «Промжелдортранс» (объединяет более 150 организаций промышленного

железнодорожного транспорта). Необходимость обновления локомотивов связана с интенсивным старением парка. Как следует из презентации ИПЕМ, 81%, или около 6000, маневровых локомотивов на путях необщего пользования старше 30 лет, не имеют права выхода на сеть РЖД, поэтому часть парка придётся обновлять. На рисунке 1 приведена структура парка маневровых локомотивов на путях общего пользования [1].



ИПЕМ

Презентация является объектом интеллектуальной собственности ИПЕМ. Любое использование материалов, содержащих данные, представленные в ней, без разрешения ИПЕМ является нарушением. Данные материалы не предназначены для цитирования, репродуцирования или иных профессиональных манипуляций.

Рис.1. Структура парка маневровых локомотивов на путях общего пользования

Состояние проблемы: перспективы обновления парка локомотивов

Программа обновления парка маневровых локомотивов на путях необщего пользования долгосрочная и очень затратная процедура. Но их ресурс можно продлить до 45–50 лет при их своевременном обслуживании и частичной модернизации во время ремонта на предприятиях России и Казахстана, несмотря на то, что мощности полной модернизации и ремонта маневровых локомотивов ограничены.

Ресурсосберегающая модернизация маневрово-вывозных тепловозов направлена на повышение эксплуатационной эффективности за счёт снижения расхода топлива, улучшения тяговых свойств и условий труда. Известны некоторые подходы к ресурсосберегающей модернизации:

использование гибридных силовых установок, применение двухдизельных конфигураций, использование электромеханической трансмиссии, модернизация кабины управления [3]. Имеются примеры успешных проектов модернизации маневрово-вывозных тепловозов от АО «Трансмашхолдинг». Модель ТЭМ23 предназначена для замены массово эксплуатируемого локомотива ТЭМ18ДМ, обеспечивает экономию топлива и масла до 30% в зависимости от условий эксплуатации. Конструкция тепловоза ТЭМ5Х позволяет получать необходимые тяговые характеристики при более высоком уровне экологичности.

Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в последнее десятилетие стало важнейшей проблемой развития железнодорожного транспорта, где на тягу поездов используют до десятой части дизельного топлива от общего производства в условиях, когда расход условного топлива на измеритель перевозочной работы в 18 раз меньше, чем на автомобильном транспорте [4-7].

Наибольшие успехи в ресурсосбережении достигнуты концерном BMW (Германия) для легковых автомобилей. Применение дополнительной энергетической утилизационной установки типа Turbosteamer nennt BMW в составе парогенератора, насоса рабочего тела (пар - жидкость), пароперегревателя, пароконденсатора, высокотемпературной турбины, низкотемпературной турбины позволяет повысить максимальную мощность энергоустановки без увеличения расхода топлива. По данным BMW, использование установки на легковом автомобиле обеспечивает повышение ее мощности на 15% и экономию топлива 1,5 литра на 100 км пробега при прочих равных условиях эксплуатации. Актуальной тема ресурсосбережения является и для железнодорожного транспорта.

В данной статье в качестве ресурсосберегающей модернизации маневрово-вывозного тепловоза типа ЧМЭЗ применён подход использования гибридных силовых установок. Его смысл заключается в использовании дизеля средней мощности и современной технологической установки

преобразования избыточной теплоты отработавших газов дизеля в механическую энергию и дополнительную электрическую энергию для тяги поездов [8].

Известно, что на железных дорогах и на промышленных предприятиях стран СНГ более 50 лет успешно эксплуатируются маневровые тепловозы ЧМЭЗ производства ЧКД - Прага (Чехословакия) мощностью 1350 л.с. (рис.1). Отличительной особенностью работы маневровых тепловозов на малых станциях является значительная продолжительность эксплуатации (до 80% времени) на холостом ходу или на малой мощности. При имеющейся интенсивности работы по нормативам в сутки тепловозу ЧМЭЗ полагается 360л дизельного топлива на сумму около 18 тыс. руб. [6]. Важное достоинство: преемственность конструкции, что позволяет эксплуатировать локомотивы разных лет постройки. При этом большинство присоединительных размеров оборудования, система нумерации проводов в электрической схеме оставались неизменными. До настоящего времени тепловозы ЧМЭЗ составляют основу парка маневровых локомотивов на дорогах европейской части России, а также в большинстве стран СНГ и Балтии.

В связи с высоким уровнем стоимости топлива в калькуляции себестоимости транспортных затрат на промышленном транспорте важную роль играет экономия энергоносителей, в том числе и путем создания новых маневровых тепловозов и модернизации находящихся в эксплуатации, в том числе и путем использования новых технических решений и отечественного оборудования. В плане ресурсосберегающей модернизации тепловозов заслуживает внимания опыт передачи избыточной механической энергии от дополнительной турбины мощностью 400 л.с. на коленчатый вал дизеля Д70 мощностью 4000 л.с. (созданного на Харьковском заводе транспортного машиностроения им. В. А. Малышева) [6].

Предлагается модернизация маневрово-вывозного тепловоза типа ЧМЭЗ, подробно описанная путем использования дизеля средней мощности

и современной технологической установки преобразования избыточной теплоты отработавших газов дизеля в механическую энергию в дополнительную электрическую энергию для тяги поездов. На рис. 2 представлен общий вид и устройство маневрового тепловоза ЧМЭЗ.

На тепловозе ЧМЭЗ установлен шестицилиндровый дизель К6С310DR с рабочим диапазоном частоты вращения вала 350–750 об/мин весом 13400 кг и тяговый генератор ТД 802 весом 4700 кг.

Основное силовое и вспомогательное оборудование тепловоза ЧМЭЗ установлено на главной раме, которая при помощи восьми болтов подвешена к трехосным бесчелюстным тележкам. Между тележками расположен топливный бак, подвешенный к главной раме тепловоза.

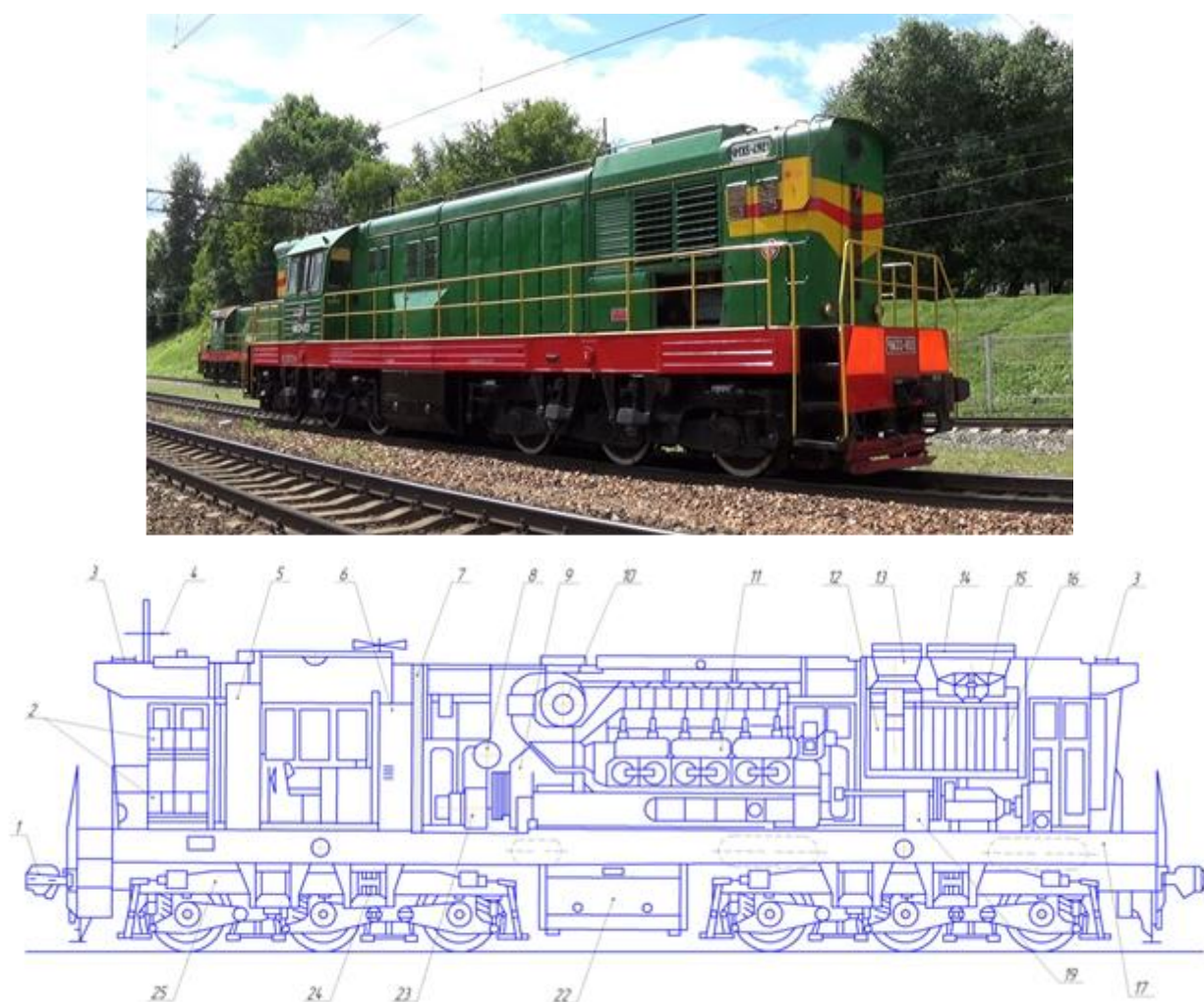


Рис. 2. Маневровый тепловоз ЧМЭЗ (внешний вид и схема устройства)

В средней части главной рамы расположена дизель-генераторная установка, состоящая из четырехтактного шестицилиндрового дизеля мощностью 993 кВт (1350 л. с.) и тягового генератора постоянного тока мощностью 885 кВт.

В передней части рамы смонтирована шахта холодильника. Охлаждение воды основного контура осуществляется главным вентилятором, а воды вспомогательного контура — вентилятором с электроприводом. За кабиной машиниста расположен отсек, в котором размещена аккумуляторная батарея, состоящая из последовательно соединенных щелочных аккумуляторов, собранных в пятнадцати ящиках, установленных в два яруса.

Результаты исследования. После обзора имеющихся методов повышения ресурсосбережения на автомобильном транспорте

Обзор имеющихся методов повышения ресурсосбережения на транспорте показал целесообразность применения для модернизации тепловоза ЧМЭЗ:

- дизель-генераторной установки на базе отечественного двенадцатицилиндрового дизеля М756 12ЧН15/18 мощностью 1000 л.с. (с диапазоном частоты вращения вала 700 -1500 об/мин весом 2000 кг).

- дополнительной энергетической утилизационной установки типа Turbosteamer nennt BMW в составе парогенератора, насоса рабочего тела (пар - жидкость), пароперегревателя, пароконденсатора, высокотемпературной турбины, низкотемпературной турбины.

Вид модернизированного тепловоза типа ЧМЭЗ, у которого вместо одного дизельного двигателя К6S310DR установлен легкий дизель М756А и парогенератор Turbosteamer nennt BMW, представлен на рис. 3.

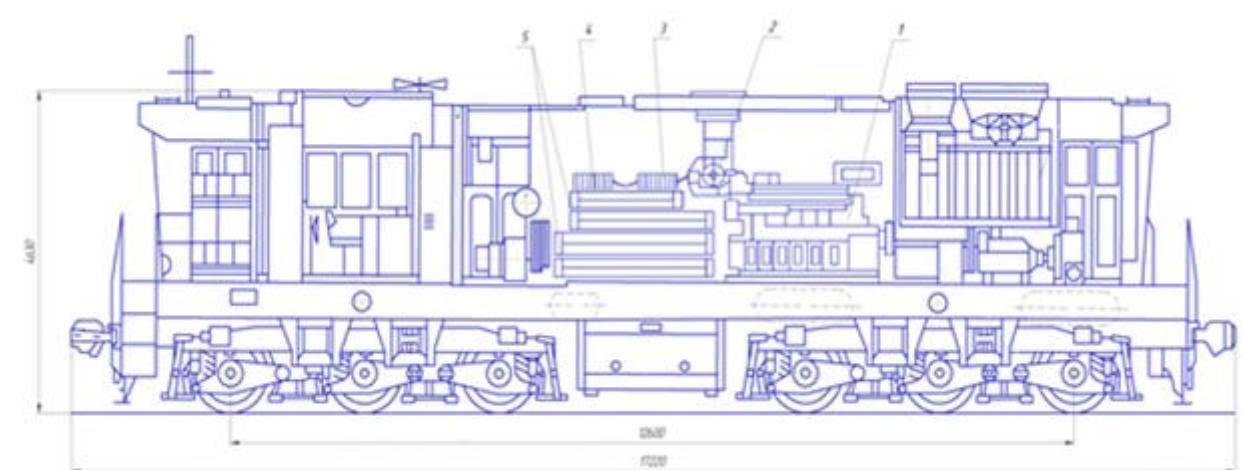


Рис. 3. Проект маневрового тепловоза с гибридной силовой установкой: 1 - дизель-генератор; 2 - парогенератор; 3 - пароиспаритель; 4- пароперегреватель; 5- пароконденсатор

Дизель-электрический локомотив оснащен тяговой установкой мощностью 1000 лошадиных сил, основным источником энергии для которой служит дефорсированный до 860 л.с. дизель типа М756. Дополнительная силовая установка Turbosteamernennt BMW содержит парогенератор, состоящий из теплообменника-пароиспарителя и теплообменника-пароперегревателя, работающих на теплоте выхлопных газов дизеля, конденсатор отработавшего пара и питательный насос для подачи конденсата в котел-испаритель. При этом крутящий момент установки может быть увеличен, а расход топлива снижается.

Существенным преимуществом использования турбогенератора на маневрово-вывозном тепловозе может стать наличие емкостного накопителя тепловой энергии в теплоизолированном котле, что дает возможность движения локомотива при работе только турбины и дизеля в холостом режиме, что в целом позволит сэкономить до 90 л топлива в сутки.

В настоящее время экологические проблемы и необходимость экономии очень дорогого топлива нефтяного происхождения приводят к созданию новых транспортных средств, работающих на альтернативных источниках энергии. Сжатый воздух широко используется как источник потенциальной энергии для запуска транспортных двигателей большого рабочего объема.

Для повышения эффективности работы на дорогом дизельном топливе и обеспечения должного экологичного уровня предлагается модернизация конструкции локомотива [9], представленная на рис.4 (Локомотив. Патент UA 37889U от 10.12.2008, Бюл. №23, 2008)

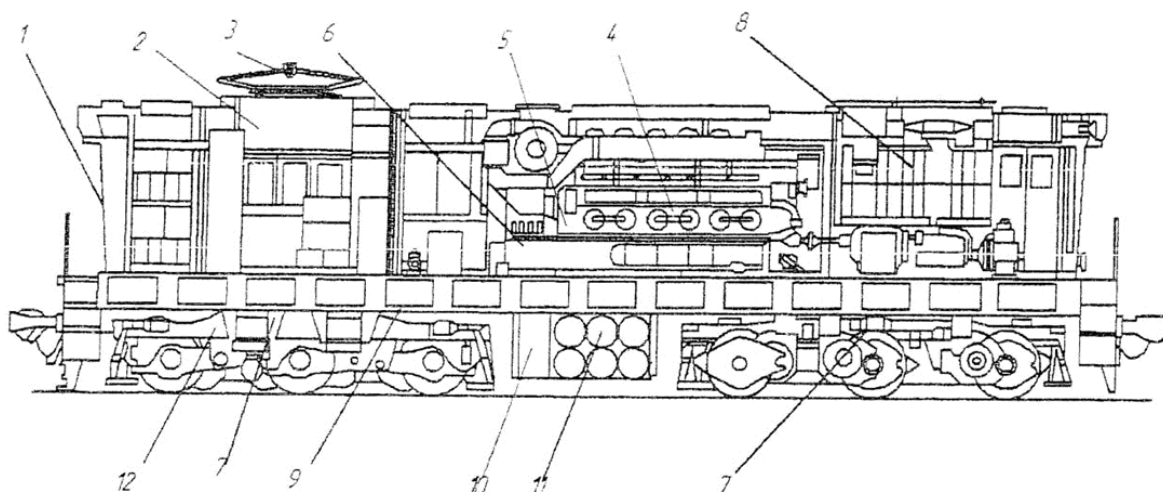


Рис. 4. Автономный локомотив: - кузов, 2 - кабина машиниста, 3 – токосъёмник, 4 – дизельный двигатель, 5 – распределительная газовая аппаратура, 6 – тяговый генератор, 7 – тяговый электрический двигатель, 8 - холодильник, 9 - дополнительные секции аккумуляторных батарей, расположенных в боковых отсеках, 10 – топливный бак, 11 – газовые баллоны, размещённые под кузовом 1, который опирается на две трёхосные тележки 12.

Усовершенствование конструкции осуществлялось путём переоборудования дизельного двигателя 4, топливной системы 10, также установки токосъёмника 3 на крыше кабины машиниста 2 и дополнительных секций аккумуляторных батарей, расположенных в боковых отсеках 10. Подобная модернизация позволит практически избавиться от вредных веществ в выхлопных газах дизелей, повышение ресурса двигателя в 1,5 – 2 раза до капитального ремонта и даст возможность работы от аккумуляторной батареи при заглушенном дизеле. Предусмотрена возможность подзарядки аккумуляторных батарей при заглушенном двигателе от контактного провода через токосъёмник на крыше кабины машиниста в местах экипировки и отстоя.

Поставленная задача достигается тем, что распределительная газовая аппаратура 5 размещена на дизельном двигателе 4, газовые баллоны 11 размещены под кузовом 1 рядом с топливным баком 10.

Распределительная газовая аппаратура — это комплекс устройств, которые обеспечивают снижение и контроль давления газа в газораспределительной системе.

Предложенный вариант модернизации позволит работать локомотиву на неэлектрифицированных линиях, на электрифицированных линиях и в режиме электромобиля и в разы сократить затраты на топливо.

Выводы

1. Представляется целесообразным при модернизации тепловоза ЧМЭЗ:
 - применить дизель-генераторную установку на базе отечественного двенадцатицилиндрового дизеля М756 12ЧН15/18 мощностью 1000 л.с. (с диапазоном частоты вращения вала 700–1500 об/мин весом 2000 кг).
 - использовать дополнительную энергетическую утилизационную установку типа Turbosteamer nennt BMW в составе парогенератора, насоса рабочего тела (пар - жидкость), пароперегревателя, пароконденсатора, высокотемпературной турбины, низкотемпературной турбины.
2. Эксплуатация проектного тепловоза ЧМЭЗ позволяет сократить и расход топлива примерно на 15%–22% по сравнению с базовым тепловозом ЧМЭЗ.
3. Эксплуатация локомотивов на альтернативных видах топлива позволит сократить расход топлива и повысить энергоэффективность.

Список использованных источников

1. Промпредприятиям к 2035 году придется обновить тысячи маневровых локомотивов / Презентация ИПЕМ. Электронный ресурс https://techzd.ru/news/analytics/k_2035_godu_promyshlennym_predpriyatiyam_potrebuet_sya_obnovit_3_5_tys_manevrovyykh_lokomotivov/
2. Эффективность модернизации маневровых тепловозов и пути ее определения / Е. В. Рябко, К. А. Рябко, Вестник Брянского государственного технического университета, №5 (90) 2020, С.23-31.

3. Тепловозу ЧМЭЗ - 50 лет / Электронный ресурс <http://scbist.com/xx2/44271-06-2014-teplovozu-chme3-50-let.html>
4. Развитие локомотивной тяги / Н. А. Фуфрянский, А. Н. Долганов, А.С. Нестрахов и др./ Под ред. Н.А. Фуфрянского и А. Н. Бевзенко. -2-е изд. перераб. и доп.- М.: Транспорт,1988.-344с.
5. Раков В.А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1966-1975 гг.).-М.:Транспорт,1979.-213с.
6. Энергетика локомотивов. Хазен М.М.-Изд.2-е, перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1977.-206 с.
7. Конструкция и динамика тепловозов. Иванов В. Н., Иванов В. В., Панов Н. И., Третьяков А. П. -М.: Транспорт, 1968.-288 с.
8. Губачева Л. А., Андреев А. А. К вопросу о ресурсосберегающей модернизации маневрово-вывозных тепловозов /Сб. Вестник ЛНУ им. В. Даля №3(9), 2018.С.30 - 33.
9. Андреев А. А., Губачева Л. А., Тараканов А. В. Локомотив – патент Украины №37889, опубл. 10.12.2008, бюл. №23.

Gubacheva L. A., doctor of technical Sciences, professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl»

Makarova I. V., doctor of technical Sciences, professor, NaberezhnyeChelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University.

INCREASING THE EFFICIENCY OF FUEL AND ENERGY RESOURCES USE IN PRODUCTION TRANSPORT LOGISTICS SYSTEMS

Abstract: The article is devoted to the issues of increasing the energy efficiency of autonomous locomotives in industrial transport logistics systems. The problems of resource-saving modernization of maneuver-and-export diesel locomotives are considered with using the turbo-generating additional plant that operates on a steam of the boiler - the recovery of a heat of diesel exhaust gases. Modernization of locomotives for operation on alternative fuels has been proposed, which will reduce fuel consumption and improve energy efficiency.

Keywords: diesel, steam generator boiler, turbine, superheater, steam condenser, fuel consumption, fuel costs