

УДК 629.424.3:621.313.2

EDN: EDPNIE

Витренко С. Н., Киреев А. Н.Луганский государственный университет имени Владимира Даля***E-mail: sv_pochta_new@mail.ru*

МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ116

Тяговая характеристика тепловоза является одним из ключевых параметров, определяющих его эксплуатационные возможности и эффективность работы на железнодорожной линии. Она отражает зависимость силы тяги от скорости движения и позволяет оценить динамические свойства локомотива в различных условиях эксплуатации. Анализ этой характеристики имеет важное значение, поскольку дает комплексную оценку тягово-энергетических качеств тепловоза, зависимости скорости от силы тяги, возможности перемещения тяжелых грузовых составов и выбора оптимальных режимов работы.

Тяговая характеристика показывает характер изменения силы тяги при переходе между различными режимами работы тяговых электродвигателей, включая режимы пуска, разгона, установившегося движения и торможения. Она позволяет выявить критические точки, в которых локомотив достигает максимальной мощности или силы тяги, а также определить границы безопасной эксплуатации без перегрузки оборудования.

Правильное моделирование тяговой характеристики служит основой для эффективного использования тепловоза на участках пути с различной кривизной, уклонами и ограничениями по скорости. С её помощью можно прогнозировать поведение локомотива как при движении пустого, так и полностью нагруженного состава, оценивать воздействие на путь и оптимизировать распределение тяговых усилий в разных условиях эксплуатации.

В статье рассматривается методология расчета тяговой характеристики тепловоза на примере тепловоза 2ТЭ116, который выбран в качестве базовой модели. Расчет выполняется для токов тяговых электродвигателей на 15-й позиции контроллера машиниста, что соответствует режиму максимальной мощности. Такой подход позволяет провести детальный анализ работы всей электрической цепи тепловоза с учетом действующих ограничений по току и напряжению, выявить резервы мощности и возможности оптимизации электрической схемы.

Представленные в статье результаты и методология расчета тяговой характеристики непосредственно связаны с темой диссертационного исследования «Техническое переоборудование магистральных тепловозов для работы в условиях промышленных предприятий», что было освещено в статье [1], и могут быть использованы при обосновании и оценке эффективности модернизации магистральных тепловозов для промышленного транспорта.

Таким образом, работа не только позволяет оценить эксплуатационную надежность и экономичность тепловоза, но и дает инструмент для глубокого анализа технических особенностей его тягового электрооборудования при подготовке к переоборудованию.

Ключевые слова: *тепловоз, электромеханическая характеристика, тяговая характеристика, режимы работы тягового двигателя, тяговый ток, сила тяги, скорость тепловоза.*

Введение. Тепловоз 2ТЭ116 представляет собой один из самых массовых и распространенных магистральных тепловозов, предназначенные для перевозки пассажирских и грузовых составов, которые эксплуатировались на железной дороге Российской Федерации, и отправлялись на

экспорт в ГДР, Сирию, на Кубу, а также использовались в странах СНГ.

Построенный с учетом жестких требований к тяговому и динамическим характеристикам, тепловоз получил мощную силовую установку, электрическую передачу тяги и ряд технологических решений, обеспечивающих высокую надежность.

Понимание особенностей тяговой характеристики тепловоза 2ТЭ116 и ее моделирование особенно важно для обеспечения эффективной эксплуатации не только данного локомотива, но и других машин, выполняющих магистральную работу в различных условиях, включая участки с большими уклонами, изношенным профилем пути и тяжелыми составами.

В рамках данного исследования расчет и построение производятся на основании расчета электромеханической характеристики ТЭД [2], моделируя электрические процессы на 15-й позиции контроллера машиниста, то есть при максимальной мощности дизель-генераторной установки 1А-9ДГ [3].

Тяговая характеристика тепловоза включает несколько ключевых режимов:

- работу на полном поле (ТЭД);
- первое и второе ослабление поля;
- точки перехода между режимами;
- ограничения, связанные с силой сцепления колес с рельсами.

В рамках настоящей работы приводится лишь обобщенный расчет, так как этот материал выходит за рамки данного исследования. Непосредственно КПД тепловоза и касательная мощность тепловоза не рассматриваются, так как эта тематика выходит за рамки данной работы.

Предметом исследования является тяговая характеристика тепловоза 2ТЭ116 в рабочих режимах полного поля и ослабленного поля тяговых электродвигателей.

В рамках исследования рассматриваются изменение тягового усилия в зависимости от скорости движения, влияние ослабления поля на тяговые свойства тепловоза.

Объектом исследования является магистральный тепловоз 2ТЭ116 с электрической передачей тяги.

Исследованию подлежат тяговые свойства тепловоза на 15-й позиции контроллера машиниста, так как на этой позиции тепловоз развивает максимальную скорость и максимальное тяговое усилие.

В рамках настоящего исследования поставлены следующие **задачи**:

1. Проанализировать форму тяговой характеристики тепловоза 2ТЭ116 при различных режимах работы тяговых электродвигателей.

2. Определить характер изменения силы тяги в зависимости от скорости движения на участках полного поля и ослабления поля.

3. Определить влияние режима ослабления поля на максимальные скорости движения состава при заданной нагрузке.

Изложение основных материалов. Тяговая характеристика тепловоза 2ТЭ116 отражает зависимость силы тяги на ободах колесных пар от скорости движения состава.

Существует несколько методик расчета тяговых характеристик [4] локомотивов. Наиболее распространены методы, основанные на балансе мощности и расчете силы сопротивления движению состава. Они опираются на равенство между тягой и сопротивлениями (трение, уклоны, аэродинамика) и позволяют выполнять комплексную оценку движения поезда и выбирать оптимальные режимы эксплуатации. Также применяются методы, использующие уравнения движения поезда [5], что дает возможность определять усилия на сцепке и распределение нагрузок в составе.

В данной работе применяется методика, основанная на электромеханической характеристике тягового двигателя ЭД-118, которая учитывает параметры электрической схемы локомотива и особенности взаимодействия двигателя с нагрузкой. Такой подход позволяет точнее отразить реальные условия работы тепловоза, особенно на переходных режимах и при изменении схем включения тяговых двигателей.

Скорость движения тепловоза 2ТЭ116 напрямую зависит от частоты вращения вала тягового электродвигателя, а также от конструктивных параметров тепловоза. Взаимосвязь между этими величинами определяется расчетным выражением по [6], представленным в формуле

МАШИНОСТРОЕНИЕ

$$V = \frac{\pi \cdot D_k \cdot 60}{\mu \cdot 1000} \cdot n, \quad (1)$$

где D_k — диаметр колеса; n — скорость вращения якоря ТЭД; μ — передаточное отношение зубчатого тягового редуктора.

Сила тяги тепловоза определяется моментом, развиваемым тяговым электродвигателем, и рассчитывается по выражению из [7]:

$$F = \frac{2 \cdot \mu \cdot \eta_{з.р.} \cdot M}{D_k}, \quad (2)$$

где M — момент ТЭД; $\eta_{з.р.}$ — КПД тягового редуктора.

Как видно из формул выше, для расчета нужно провести вычисления, которые определяют основные электромеханические характеристики ТЭД, такие как развиваемый момент (M), и скорости вращения якоря (n) ТЭД. Данные расчеты включают в себя учет различных конструктивных и механических свойств двигателя и работу электрической схемы тепловоза.

Для приближения к эксплуатационным режимам работы необходимо учитывать температурные режимы, при которых двигатель работает, так как многие конструктивные единицы в справочной литературе приводятся для определенных температур, далеких от значений эксплуатационной, которая для двигателя ЭД-118 составляет +130 °С; учитывая это, электрические параметры, такие как сопротивление обмоток ТЭД, необходимо пересчитывать для эксплуатационных температур по [8].

Работа тяговых электродвигателей тепловоза осуществляется в трех основных режимах: на полном поле (ПП), при первом ослаблении поля (ОП 1) и при втором ослаблении поля (ОП 2). Переходы между этими режимами происходят автоматически с помощью реле ослабления поля при значениях тока тяги, величины которого приведены в таблице 1 по [9].

В зависимости от величины тока реле перехода будут включаться и выключаться при скорости, которая рассчитывается по

$$V = \varphi_{к.р.} \cdot D_k \cdot \frac{n}{\mu_{з.р.}}, \quad (3)$$

где $\varphi_{к.р.}$ — расчетный коэффициент тяги; $\mu_{з.р.}$ — передаточное отношение зубчатого тягового редуктора.

Как видно из формулы выше, величина скорости движения, при котором происходит срабатывание реле перехода, определяется конструктивными константами тепловоза и скорости вращения якоря n ТЭД, которая определяется по зависимости

$$n = \frac{U - I_{я} \sum R}{c_e \cdot \Phi}, \quad (4)$$

где $c_e \cdot \Phi$ — величина обратной ЭДС.

В свою очередь, значение $c_e \cdot \Phi$ для двигателя ЭД-118 выводится из зависимости, величина которой может быть определена для тока тяги по рисунку 1 или как соотношение по

$$c_e \cdot \Phi = E/n. \quad (5)$$

Таблица 1
Величины тока ТЭД

	РП1 (А)	РП2 (А)
Включение	3100	2900
Отключение	4400	4200

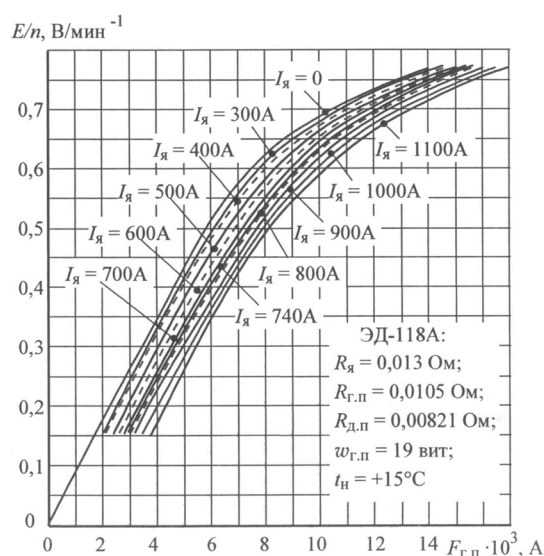


Рисунок 1 — Обратная ЭДС

Работа на полном поле возбуждения (ПП). На режиме полного поля тяговые электродвигатели работают при номинальном магнитном потоке.

В этом режиме тепловоз обеспечивает максимальную силу тяги на малых скоростях, вплоть до момента достижения предела по мощности или по сцеплению колес с рельсами. Максимальная сила тяги тепловоза 2ТЭ116 на старте составляет около 412 кН. При этом фактическая тяга ограничивается сцеплением колес, которое определяется коэффициентом сцепления (около 0,25) и массой тепловоза.

Переход на режим ослабления поля происходит при достижении скорости около 41 км/ч, когда становится необходимо уменьшить магнитный поток для поддержания необходимой мощности и предотвращения перегрева электродвигателей.

При первом ослаблении поля ток тяги (ТЭД) уменьшается, что позволяет увеличить скорость вращения якорей без превышения допустимых значений тока. В результате сила тяги снижается, но тепловоз способен поддерживать заданную мощность в более высоком диапазоне скоростей. Работа на ОП1 продолжается до достижения скорости около 69 км/ч, после чего активируется второе ослабление поля.

На втором ослаблении поля поток еще больше уменьшается. Сила тяги продолжает падать, но обеспечивается возможность дальнейшего увеличения скорости без перегрузки электродвигателей. В режиме (ОП2) тепловоз способен развивать скорость вплоть до своей максимальной рабочей скорости около 100 км/ч.

Графическое отображение тяговой характеристики тепловоза 2ТЭ116 приведено на рисунке 2, показывает три основные линии:

- Линия работы на полном поле возбуждения (ПП).
- Линия работы на первом ослаблении поля (ОП1).
- Линия работы на втором ослаблении поля (ОП2).

Эти линии показывают зависимость силы тяги тепловоза от скорости. Величины силы тяги в зависимости от скорости приведены в таблице 2.

Переходы между линиями отмечаются характерными точками срабатывания реле ослабления поля. Концепция расчета срабатывания приведена выше.

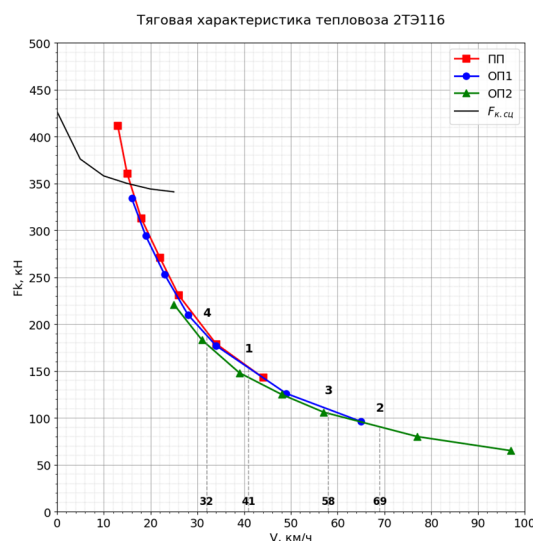


Рисунок 2 — Тяговая характеристика тепловоза 2ТЭ116

Таблица 2

Итоговые расчетные величины скорости, силы тяги тепловоза 2ТЭ116

Сила тока I (А)	Скорость движения тепловоза V (км/ч)			Сила тяги F (кНм)		
	ПП	ОП1	ОП2	ПП	ОП1	ОП2
500	41	62	92	143	96	65
600	32	46	73	179	126	80
720	24	32	54	231	177	106
800	20	27	45	271	210	125
900	17	22	37	313	253	148
1000	14	18	30	361	294	183
1100	12	15	24	412	334	221

Дополнительно на графике отображается линия сцепления колес с рельсами, ограничивающая максимальное значение силы тяги на малых скоростях.

Третья часть тяговой характеристики — это расчет силы тяги (в рамках данной статьи расчет силы сцепления не приводится, лишь отметим концепцию расчета), которая определяет ограничения сцеплением колес с рельсами. Этот параметр является ключевым для (ТХ), определяющим его способность перемещать составы различной массы.

Максимальная сила тяги тепловоза при трогании с места $F_{к.сц.}$, ограниченная сцеплением колес, определяется по выражению

$$F_{к.сц.} = 9,81 \cdot M_{сц} \cdot \psi_{сц}, \quad (6)$$

где $M_{сц}$ — сцепная масса тепловоза; $\psi_{сц}$ — коэффициент сцепления.

Эта сила зависит от коэффициента сцепления между колесами и рельсами [10], является критическим параметром в железнодорожной отрасли, определяющим эффективность и безопасность движения поездов. Он влияет на ускорение, торможение и устойчивость подвижного состава.

Анализ графика показывает:

1. На старте и при малых скоростях тепловоз ограничен сцеплением колес с рельсами.

2. В среднем диапазоне скоростей работа ведется в режиме ПП и ОП1 с постепенным снижением силы тяги.

3. На высоких скоростях после перехода на ОП2 сила тяги существенно уменьшается, что определяет динамические характеристики движения легких поездов.

Такой характер изменения силы тяги позволяет тепловозу эффективно работать как при трогании с тяжелым составом, так и при движении на высоких скоростях с умеренной нагрузкой.

Результаты исследования. В ходе исследования была построена обобщенная тяговая характеристика тепловоза 2ТЭ116, включающая три режима работы тяговых электродвигателей: полное поле (ПП), первое (ОП1) и второе ослабление поля (ОП2).

С использованием расчетных зависимостей, полученных при расчете (ЭМХ) для (ТЭД) ЭД-118, и известных параметров тепловоза (мощность, масса, предельное сцепление) достигнуты следующие результаты:

1. Максимальная сила тяги на старте достигает 412 кН, однако фактическое значение ограничивается сцеплением колес с рельсами на уровне 427 кН, исходя из коэффициента сцепления около 0,25.

2. Переход с полного поля на первое ослабление происходит при расчетной скорости ~41 км/ч с последующим переходом на второе ослабление при ~69 км/ч.

3. В режиме ОП2 тепловоз демонстрирует способность сохранять устойчивое движение с нагруженным составом при скорости до 100 км/ч, несмотря на снижение силы тяги до 221 кН.

4. Подтверждена эффективность применения ослабления поля для расширения диапазона рабочих скоростей без превышения допустимой мощности и токовых нагрузок тяговых электродвигателей.

5. График тяговой характеристики четко отображает специфические точки переключения режимов и зоны, в которых тяговое усилие ограничивается условиями сцепления.

Таким образом, построенная характеристика подтверждает возможность эффективного применения тепловоза 2ТЭ116 в широком диапазоне эксплуатационных условий.

Полученные результаты пригодны для использования в учебных и инженерно-расчетных целях при обучении локомотивных бригад, а также при проектировании режимов движения грузовых поездов.

Выводы. Тяговая характеристика тепловоза 2ТЭ116 имеет три отличительных участка, соответствующих работе на полном поле и двух уровнях ослабления поля возбуждения тяговых электродвигателей.

На старте и при малых скоростях максимальная сила тяги ограничивается сцеплением колес с рельсами.

Переход на режимы ослабления поля позволяет тепловозу сохранять высокую

мощность на средних и больших скоростях, обеспечивая эффективное ведение поездов различной массы.

Построенный график тяговой характеристики демонстрирует закономерное снижение силы тяги при увеличении скорости движения, а также четкие точки перехода между режимами.

Понимание особенностей тяговой характеристики позволяет оптимизировать эксплуатацию тепловоза, выбирая режимы движения, соответствующие профилю пути и массе состава.

Заключение. В результате исследования установлено, что тепловоз 2ТЭ116 об-

ладает хорошо сбалансированной тяговой характеристикой, позволяющей успешно использовать его как на тяжелых участках с уклонами, так и на равнинных магистралях с высокими скоростями движения.

Плавные переходы между режимами возбуждения и рациональное использование ослабления поля тяговых электродвигателей обеспечивают эффективное управление тепловозом в различных эксплуатационных условиях.

Полученные данные могут быть использованы для совершенствования методики вождения поездов и оптимизации режимов работы тепловозов данного типа.

Список источников

1. Дмитриенко А. Б., Антрошенко Д. В., Витренко С. Н. Техническое переоборудование магистральных тепловозов для работы в условиях промышленных предприятий // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2022. № 7 (61). С. 46–48. EDN WXMFIE
2. Электрические передачи локомотивов / Э. Х. Тасанг [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. Воронеж : изд-во филиала РГУПС в г. Воронеж, 2023. 428 с.
3. Тепловоз 2ТЭ116 / С. П. Филонов [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 1985. 328 с.
4. Осипов С. И., Осипов С. С. Основы тяги поездов : учебник для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. М. : УМК МПС России, 2000. 592 с.
5. Бабищев А. М., Гурский П. А., Новиков А. П. Тяга поездов и тяговые расчеты : учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта. М. : Транспорт, 1971. 280 с.
6. Расчет тягово-энергетических характеристик тепловозов / В. В. Быкадоров [и др.]. Воронеж : изд-во Филиала РГУПС в г. Воронеж, 2019. 366 с.
7. Передача мощности тепловозов / А. Д. Степанов [и др.]. М. : Машиностроение, 1967. 476 с.
8. Гаккель Е. Я., Рудая К. И. Проектирование и расчет электрической передачи тепловоза / под ред. Н. П. Киселёвой. М. : Транспорт, 1972. 150 с.
9. Инструкция по эксплуатации и обслуживанию. Часть 2. 2ТЭ116.ИЭ.004 / И. А. Черноусов [и др.] ; под рук. С. П. Филонова ; Центральное конструкторское бюро Ворошиловградского тепловозостроительного завода им. Октябрьской революции. М. : [б. и.], 1974. 122 с. Является продолжением инструкции 2ТЭ116.ИЭ.003; действует только с дополнением 2ТЭ116.00.00.003 Д88.
10. Мусаев Ж. С., Чигамбаев Т. О., Ибраев Б. М. К вопросу оптимизации процесса сцепления колеса с рельсами при торможении // КазККА Хабаршысы = Вестник КазАТК. 2018. № 4 (107). С. 50–54. EDN MYKZFK

© Витренко С. Н., Киреев А. Н., 2026

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. цифровых технологий и машин в литейном производстве ЛГУ им. В. Даля Гутько Ю. И., к.э.н., доц., зав. каф. ТОМП ДонГТУ Зинченко А. М.

Статья поступила в редакцию 12.02.2026.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Витренко Сергей Николаевич, аспирант каф. железнодорожного транспорта
Луганский государственный университет имени Владимира Даля,
г. Луганск, Россия, e-mail: sv_pochta_new@mail.ru

Киреев Андрей Николаевич, д-р техн. наук, профессор каф. железнодорожного транспорта
Луганский государственный университет имени Владимира Даля,
г. Луганск, Россия

***Vitrenko S. N., Kreselyuk Yu. V.** (Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk, Russia, e-mail: sv_pochta_new@mail.ru)

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE TRACTION CHARACTERISTICS OF THE 2TE116 DIESEL LOCOMOTIVE

The tractive characteristic of a diesel locomotive is one of the key parameters that determine its operational capabilities and efficiency on the railway line. It reflects the dependence of tractive force on speed and allows assessing the dynamic properties of the diesel locomotive under various operating conditions. Analysis of this characteristic is of great importance, as it provides a comprehensive assessment of the diesel locomotive's traction and energy qualities, the dependence of speed on traction force, the ability to move heavy freight trains, and the choice of optimal operating modes.

The traction characteristic shows the nature of the change in tractive force when transitioning between different operating modes of traction motors, including starting, acceleration, steady-state motion, and braking modes. It allows identifying critical points where the diesel locomotive reaches maximum power or tractive force, as well as determining the boundaries of safe operation without overloading the equipment.

Accurate modeling of the traction characteristic serves as the basis for the efficient use of a diesel locomotive on track sections with different curvature, gradients, and speed restrictions. With its help, it is possible to predict the behavior of a diesel locomotive both when moving an empty train and a fully loaded one, to assess the impact on the track, and to optimize the distribution of tractive forces under different operating conditions.

The article explains the method for calculating the traction characteristic of a diesel locomotive, using the 2TE116 diesel locomotive as the basis model. Calculation is performed for the traction electric motor currents at the 15th position of the driver controller, which corresponds to the maximum power mode. This approach allows for a detailed analysis of the operation of the entire electric circuit of the diesel locomotive, considering the existing current and voltage limitations, to identify power reserves and possibilities for optimizing the electrical circuit.

The results and calculation methodology of the traction characteristic presented in the article are directly related to the topic of the dissertation research "Technical re-equipment of mainline diesel locomotives for operation in industrial enterprises", which was highlighted in article [1], and can be used in substantiating and assessing the efficiency of modernizing mainline diesel locomotives for industrial transport.

Thus, the work not only allows to assess the operational reliability and cost-effectiveness of the diesel locomotive, but also provides a tool for in-depth analysis of the technical features of its traction electrical equipment at preparing for re-equipment.

Key words: diesel locomotive, electromechanical characteristics, traction performance, operating modes of the traction motor, traction current, locomotive power, diesel locomotive speed.

References

I. Dmitrienko A. B., Antroshenko D. V., Vitrenko S. N. Technical re-equipment of mainline diesel locomotives for operation in industrial enterprise conditions [Tekhnicheskoe pereoborudovanie magistral'nyh teplovozzov dlya raboty v usloviyah promyshlennykh predpriyatij]. Vestnik Lugansk Vladimir Dahl State University. 2022. No. 7 (61). Pp. 46–48. EDN WXMFIЕ

2. Tasang E. Kh. [et al.]. *Electrical transmission of diesel locomotives [Elektricheskie peredachi lokomotivov]*. 3rd edition. Revised and Updated. Voronezh : Publishing House of the RSUPS Branch in Voronezh. 2023. 428 p.

3. Filonov S. P. [et al.]. *Diesel locomotive 2TE116 [Teplovoz 2TE116]*. 2nd edition. Revised and Updated. M. : Transport. 1985. 328 p.

4/ Osipov S. I., Osipov S. S. *Fundamentals of train traction : a textbook for students of technical schools and colleges of railway transport [Osnovy tyagi poezdov : uchebnik dlya studentov tekhnikumov i kolledzhej zheleznodorozhnogo transporta]*. M. : UMK MPS Rossii. 2000. 592 p.

5. Babichkov A. M., Gurskij P. A., Novikov A. P. *Train traction and traction calculations : a textbook for universities of railway transport [Tyaga poezdov i tyagovye raschyoty : uchebnoe posobie dlya vuzov zheleznodorozhnogo transporta]*. Moscow: Transport. 1971. 280 p.

6. Bykadorov V. V. [et al.]. *Calculation of the traction and energy characteristics of diesel locomotives [Raschet tyagovo-energeticheskikh harakteristik teplovozov]*. Voronezh : Publishing House of the RSUPS Branch in Voronezh. 2019. 366 p.

7. Stepanov A. D. [et al.]. *Transmission of diesel locomotive power [Peredacha moshchnosti teplovozov]*. M. : Mashinostroenie. 1967. 476 p.

8. Gakkel' E. Ya., Rudaya K. I. *Design and calculation of electrical transmission [Proektirovanie i raschet elektricheskoy peredachi teplovoza]*. Eds. N. P. Kiselyovoj. M. : Transport. 1972. 150 p.

9. Chernousov I. A. [et al.]. *Operating and maintenance instructions [Instrukciya po ekspluatatsii i obsluzhivaniyu]*. Chast' 2. 2TE116.IE.004. Under the supervision of Filonova S. P. Central'noe konstruktorskoe byuro Voroshilovgradskogo teplovozoostroitel'nogo zavoda im. Oktyabr'skoj revolyucii. M. : n. p. 1974. 122 p. Is a continuation of the instruction 2TE116.EE.003. Only applies to supplement 2TE116.00.00.003 D88.

10. Musaev Zh. S., Chigambaev T. O., Ibraev B. M. *On the issue of optimizing the process of wheel adhesion to rails during braking [K voprosu optimizatsii processa scepneniya koleasa s rel'sami pri tormozhenii]*. KazKKA Habarshysy = The Bulletin of KazATC. 2018. No. 4 (107). Pp. 50–54. EDN MYKZFK

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vitrenko Sergey Nikolayevich, Postgraduate of the Department of Railway Transport
Lugansk State University named after Vladimir Dahl,
Lugansk, Russia, e-mail: sv_pochta_new@mail.ru

Kireev Andrey Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Railway Transport
Lugansk State University named after Vladimir Dahl,
Lugansk, Russia