

УДК 629.423.25

Анализ эффективности использования тормозных средств тепловозов в эксплуатации

В. Ф. Танаев

ОАО «Российские железные дороги», Российская Федерация, 107174, Москва, ул. Новая Басманская, 2/1, стр. 1

Для цитирования: Танаев В. Ф. Анализ эффективности использования тормозных средств тепловозов в эксплуатации // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2025. — Т. 22. — Вып. 4. — С. 880–894. DOI: 10.20295/1815-588X-2025-4-880-894

Аннотация

Цель: Комплект тормозного оборудования современного грузового тепловоза с электрической передачей включает автоматический прямодействующий тормоз для управления пневматическим тормозным оборудованием состава поезда и локомотива, прямодействующий неавтоматический тормоз локомотива, электродинамический реостатный тормоз. Целью работы является сравнительный анализ эффективности использования разных видов тормозных средств тепловозов в процессе эксплуатации и определение способов их повышения. **Методы:** В работе использовался статистический анализ данных современных локомотивных систем регистрации, выполнялись расчеты нагревания и ослабления посадки бандажей при длительном торможении. **Результаты:** В результате анализа данных удаленного мониторинга параметров силовой установки тепловозов 2ТЭ25КМ, эксплуатируемых на полигоне Октябрьской, Московской и Северной ж. д., установлено, что более чем 83 % циклов регулировочных торможений выполняются с использованием колодочных пневматических тормозов состава и локомотива, при этом отпуск вспомогательного тормоза локомотива при торможении автоматическим прямодействующим тормозом не производится, в результате тормозные колодки и бандажи колесных пар тепловозов используются для торможения поездов. Реостатный тормоз тепловозов применяется менее чем в 17 % циклов торможений, хотя его характеристики позволяют полностью исключить использование прямодействующего автоматического тормоза и на 60 % уменьшить использование вспомогательного тормоза локомотива при скоростях выше 10 км/ч. **Практическая значимость:** Для повышения эффективности применения реостатного тормоза на тепловозах необходима доработка системы управления им с целью сохранения у локомотивных бригад стереотипов приемов управления тормозами в пути следования.

Ключевые слова: Реостатный тормоз, прямодействующий автоматический тормоз, вспомогательный тормоз локомотива, цикл торможения, тормозная сила, тормозная мощность.

Введение

Комплект тормозного оборудования современного грузового тепловоза с электрической передачей включает автоматический прямодействующий тормоз для управления пневматическим тормозным оборудованием состава поезда и локомотива (управление осуществляется с помощью крана машиниста усл. № 395 или усл. № 130 [1]),

прямодействующий неавтоматический тормоз локомотива (управление осуществляется с помощью крана вспомогательного тормоза усл. № 254, усл. № 215 или усл. № 224Д [2]), электродинамический реостатный тормоз (управление осуществляется с помощью контроллера машиниста [3]). При следовании с поездом реостатный тормоз может применяться только на локомотиве или

совместно с автоматическими тормозами состава поезда (комбинированное торможение).

Порядок управления пневматическими тормозами (ПТ) состава поезда и локомотива регламентируется Правилами технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава, утвержденными приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 3 июня 2014 г. № 151 [4]. Порядок применения электрического и рекуперативного торможения (РТ) определяется Инструкцией о порядке применения электрического (реостатного, рекуперативного) тормоза при следовании с поездом, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 21 ноября 2024 г. № 2883/р [5].

Непрерывное повышение массы поезда в рамках развития тяжеловесного движения, предусмотренного как Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г. [6], так и Стратегией научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 г. и на перспективу до 2030 г. (белая книга) [7], требует совершенствования приемов управления тормозами поездов повышенной массы, прежде всего в части совместного использования разных видов тормозов, с целью повышения уровня безопасности движения, надежности тягового привода локомотива и точности поддержания заданной скорости движения как в ручном, так и в автоматическом режиме управления поездом.

Последняя задача приобретает особое значение при работе в составе пакетов поездов при использовании современных технологий интервального и координатного регулирования движения [8], поскольку точность поддержания скорости движения ведомых поездов в режиме торможения на участках пути с ограничением скорости движения в этом случае во многом определяет величину межпоездного интервала и пропускную способность участка.

На электровозах эффективность использования оборудования рекуперативного тормоза может быть объективно оценена по количеству рекуперируемой энергии. Оно является одним из показателей качества функционирования эксплуатационного депо, в связи с чем применение этого вида торможения локомотивными бригадами контролируется и всячески поощряется руководством. Навыки и стереотипы применения рекуперативного торможения у большинства локомотивных бригад способствуют регулярному применению ими также и реостатного торможения при отсутствии возможностей для рекуперации.

На тепловозах необходимость и целесообразность применения РТ в настоящее время определяется машинистом в пути следования. Время и интенсивность использования РТ никем не контролируется и никак не влияет на оценку работы никаких локомотивных бригад, ни эксплуатационных депо.

В связи с этим актуальными являются задачи, во-первых, оценки эффективности использования дорогостоящего оборудования реостатного тормоза, которое устанавливается в настоящее время на все выпускаемые тепловозы, и, во-вторых, определения путей ее повышения.

Выбор способа решения поставленных задач

Предварительный анализ данных регистрации тепловозов 2ТЭ116У и 2ТЭ25КМ, принадлежащих компании ОАО «РЖД», показал, что на этих тепловозах РТ в процессе эксплуатации практически не используется.

На тепловозах 2ТЭ116У часть тормозного оборудования, вплоть до тормозных переключателей, снята со многих секций, а системы РТ, как правило, не восстанавливают работоспособность.

Срок эксплуатации парка тепловозов 2ТЭ25КМ существенно меньше, чем у 2ТЭ116У. Все эти тепловозы эксплуатируются по контракту жизненного цикла; часть из них еще находится

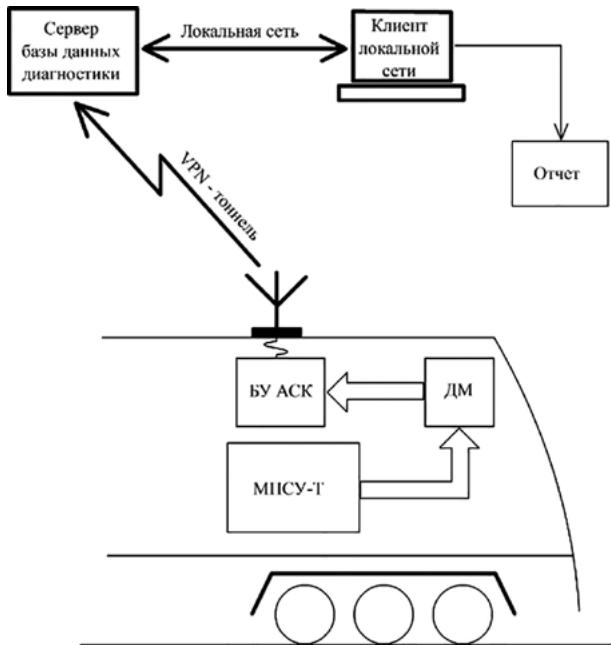


Рис. 1. Схема формирования массива данных для анализа эффективности использования тормозных средств тепловоза

на заводской гарантии в рамках этого контракта. Поэтому оборудование РТ на большинстве локомотивов поддерживается в исправном состоянии.

В связи с этим для анализа особенностей применения РТ на тепловозах использовались данные подсистем диагностики бортовых микропроцессорных систем управления МПСУ-Т тепловозов серии 2ТЭ25КМ одного из частных операторов,

работающего на инфраструктуре Октябрьской, Московской и Северной железных дорог.

В процессе работы тепловоза пакет диагностической информации от устройства индикации (пультового дисплейного модуля) системы МПСУ-Т с дискретностью 1 выборка/с передается в блок управления автоматической системы контроля (АСК). Каждые 300 с АСК отправляет накопленные данные на удаленный сервер (рис. 1) [9, 10].

Перечень параметров, использовавшихся при анализе работы тормозной системы тепловоза, приведен в табл. 1.

Выборка данных за период с 1 января 2025 г. по 18 июня 2025 г. для восьми тепловозов серии 2ТЭ25КМ осуществлялась из базы данных на сервере, в которую загружаются данные, принимаемые от систем АСК локомотивов.

На первом этапе обработки данных, полученных с тепловоза, выполнялась их разметка. В ходе разметки идентифицировались следующие режимы:

- торможение поезда прямодействующим автоматическим тормозом;
- торможение локомотива прямодействующим неавтоматическим (вспомогательным) тормозом;

Таблица 1. Перечень параметров тормозной системы и электрической передачи тепловоза 2ТЭ25КМ

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение в формулах	Единицы измерения в МПСУ-Т	Пределы изменения
1	Дата/время измерения	t	с	
2	Давление в тормозном цилиндре тележки 1	$p_{\text{ти1}}$	кг/см ²	0–6
3	Давление в тормозном цилиндре тележки 2	$p_{\text{ти2}}$	кг/см ²	0–6
4	Давление в тормозной магистрали	$p_{\text{тм}}$	кг/см ²	0–16
5	Давление в главном резервуаре	$p_{\text{гр}}$	кг/см ²	0–16
6	Ток возбуждения тягового двигателя в режиме РТ	$I_{\text{вТЭД}}$	А	0–1500
7	Ток якоря первого тягового двигателя в режиме РТ	$I_{\text{яТЭД1}}$	А	
8	Режим работы	r	—	1–5
9	Позиция контроллера	pkm	—	0–15
10	Скорость тепловоза по данным МПСУ-Т	$V_{\text{мпсу}}$	км/ч	0–100

- отпуск тормоза локомотива в условиях заторможенного поезда (с использованием прямодействующего автоматического тормоза);
- торможение реостатным тормозом.

Все режимы анализировались при скоростях свыше 10 км/ч, поскольку на меньших скоростях применение реостатного торможения технически нецелесообразно.

Далее по результатам разметки исходной выборки для каждого месяца указанного периода формировались массивы данных по каждому циклу торможения:

- поездным тормозом;
- вспомогательным тормозом локомотива;
- отпуском тормоза локомотива при заторможенном поездном тормозе;
- реостатным торможением.

Исходя из параметров тормозной системы тепловоза, для каждого цикла торможения колодочными тормозами определялась работа тормозной силы, действующей на колесо и на локомотив в целом, средняя тормозная мощность локомотива за цикл торможения, выполнялась оценка повышения температуры нагрева бандажа вследствие трения колодок и связанного с этим уменьшения натяга в соединении «бандаж — колесный центр». Для каждого цикла торможения реостатным тормозом определялась работа всех тяговых двигателей (ТЭД) и средняя тормозная мощность тепловоза.

Обсуждение результатов

На рис. 2 приведена информация о количестве циклов торможения тепловоза 2ТЭ25КМ в процессе работы с грузовыми поездами на полигонах Московской, Октябрьской и Северной железных дорог филиалов ОАО «РЖД» в течение первого полугодия 2025 г.

Как следует из рисунка, для выполнения регулировочных торможений в пути следования при скоростях движения более 10 км/ч регулярно

используется вспомогательный пневматический тормоз локомотива. Из результатов анализа данных о скорости начала торможения вспомогательным тормозом и ее изменении в результате торможения, представленных на рис. 3 и 4, следует, что используется он не только для коррекции состояния состава при следовании по перевалистому профилю, но и (в 25 % циклов торможения вспомогательным тормозом) для регулировочных торможений поездов при скорости более 25 км/ч со снижением ее 5 км/ч и больше без применения тормозов состава, причем, как следует из рис. 2, в среднем даже чаще, чем автоматические прямодействующие тормоза вагонов.

При торможении поездным тормозом вспомогательный тормоз локомотива машинисты не отпускают, несмотря на наличие специальной кнопки отпуска вспомогательного тормоза «КОТ» на тепловозах этой серии.

В результате интенсивность использования тормоза локомотива для регулирования скорости движения поездов существенно превосходит интенсивность использования тормозов вагонов. Помимо износа колодок, продолжительные торможения локомотивным тормозом при движении с повышенными скоростями приводят к увеличению температуры нагрева бандажей колес локомотива и уменьшению вследствие этого натяга в соединении «бандаж — колесный центр». Расчет параметров циклов торможения, вызывающих опасное уменьшение натяга, приведен в табл. 2. Следствиями такого использования тормозных средств локомотивов являются увеличение эксплуатационных расходов ОАО «РЖД» (увеличение расхода тормозных колодок и сокращение ресурса бандажей колесных пар) и снижение доходов за счет роста простоев локомотивов в ремонтах при сменах и обточках бандажей колесных пар.

Основными причинами применения вспомогательного тормоза локомотива для выполнения

регулировочных торможений поездов является его высокое быстродействие, минимальный разброс тормозных характеристик и, как следствие, хорошая управляемость, одним из признаков которой является однозначное соответствие реакции системы (тормозной силы) на управляющее воздействие (положение рукоятки крана вспомогательного тормоза).

Практически такими же свойствами обладает реостатный тормоз, однако, как следует из рис. 2, используется он значительно реже пневматических колодочных тормозов либо не используется

вообще. Суммарная работа тормозной силы колодочных тормозов двухсекционного локомотива, преобразуемая в износ колодок и нагрев бандажей колесных пар, превышает суммарную работу тормозной силы при электрическом торможении за тот же период эксплуатации в 4–7 раз (рис. 5).

При этом, как следует из рис. 6, максимальная тормозная мощность, реализуемая колодочными видами тормозов двухсекционного тепловоза, составляет не более 60 % от реализуемой мощности электрического тормоза, которая, в свою очередь, не превышает 86 % от его номинальной

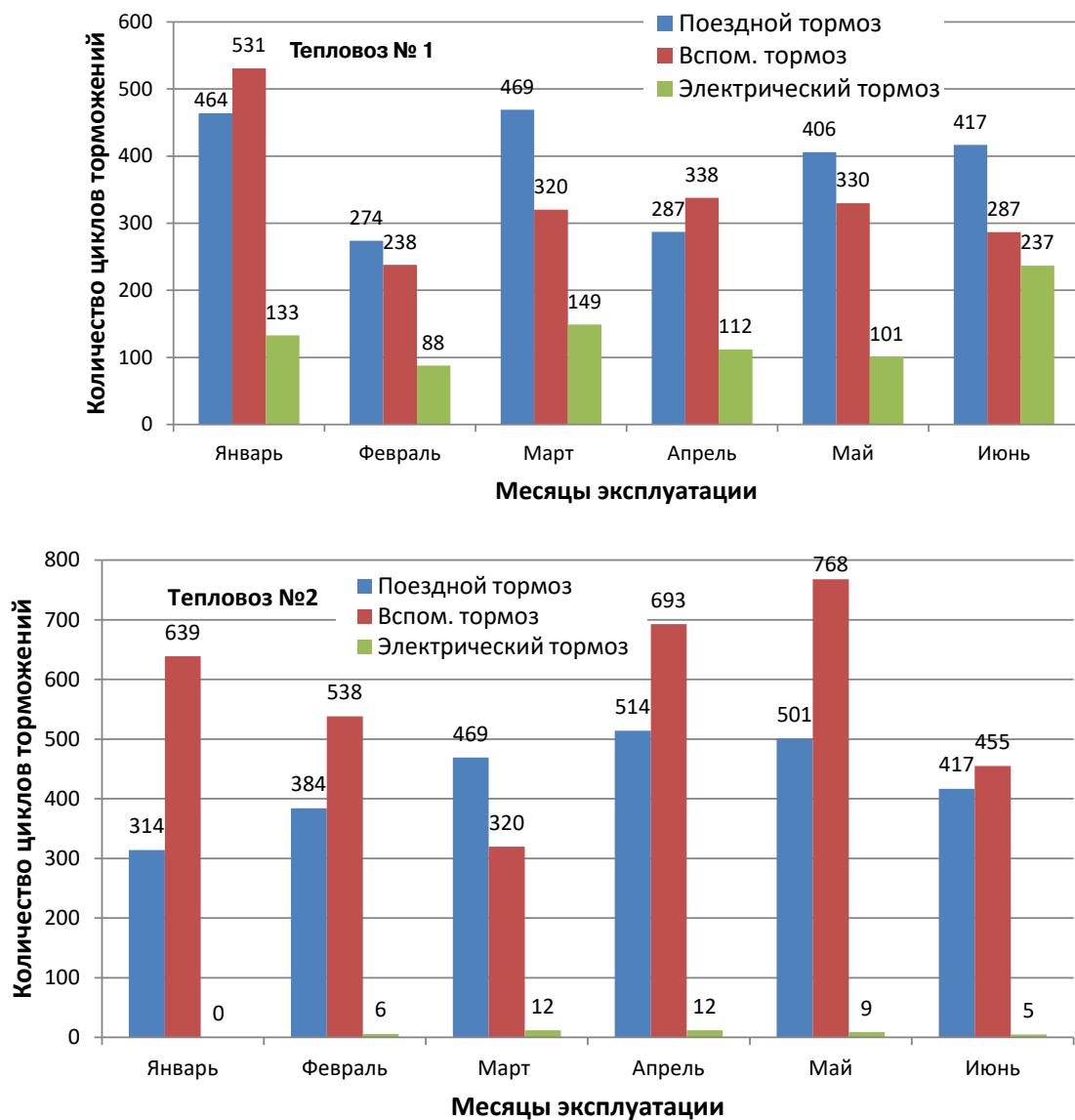


Рис. 2. Использование разных видов тормозов на двух тепловозах 2ТЭ25КМ

Таблица 2. Циклы торможения вспомогательным тормозом с опасным уменьшением натяга в соединении «бандаж — колесный центр»

№ торможения	$t_{\text{торм.}}$, с	$P_{\text{тц max}}$, МПа	V_1 , км/ч	V_2 , км/ч	$E_{\text{торм.кол.}}$, кДж	$P_{\text{торм.ср.}}$, кВт	Изм. натяга банд., мм	Темп. нагрева банд., С	Вес поезда, т
1	113	0,187	26	15	4643,0	986,1	0,520	52,5	6039
2	114	0,198	20	11	4435,3	933,7	0,506	51,1	5461
3	80	0,195	38	33	4637,7	1391,3	0,520	52,5	6030
4	80	0,211	53	61	6947,2	2084,1		68,7	6030
5	93	0,144	57	32	4638,0	1196,9	020	52,5	0
6	83	0,125	40	58	5038,8	1456,9	0,548	55,3	6053
7	74	0,195	70	41	5946,4	1928,5	0,611	61,7	1749
8	84	0,148	59	56	6523,7	1863,9	0,651	65,7	1763
9	74	0,193	60	58	6039,3	1958,6	0,617	62,3	1763
10	130	0,174	48	46	9213,2	1700,9	0,838	84,6	1763
11	56	0,188	61	56	5050,8	2164,6	0,548	55,4	1763
12	81	0,204	63	60	7617,7	2257,1	0,727	73,4	1763
13	86	0,146	59	57	6562,3	1831,3	0,653	66,0	1763
14	96	0,215	82	24	7955,3	1988,8	0,750	75,8	0
15	63	0,211	65	25	4941,5	1882,5	0,541	54,6	0
16	78	0,169	55	37	5244,4	1613,6	0,562	56,8	6010
17	123	0,210	25	11	5662,7	1104,9	0,591	59,7	6009
18	173	0,113	24	11	4749,9	658,9	0,527	53,3	0

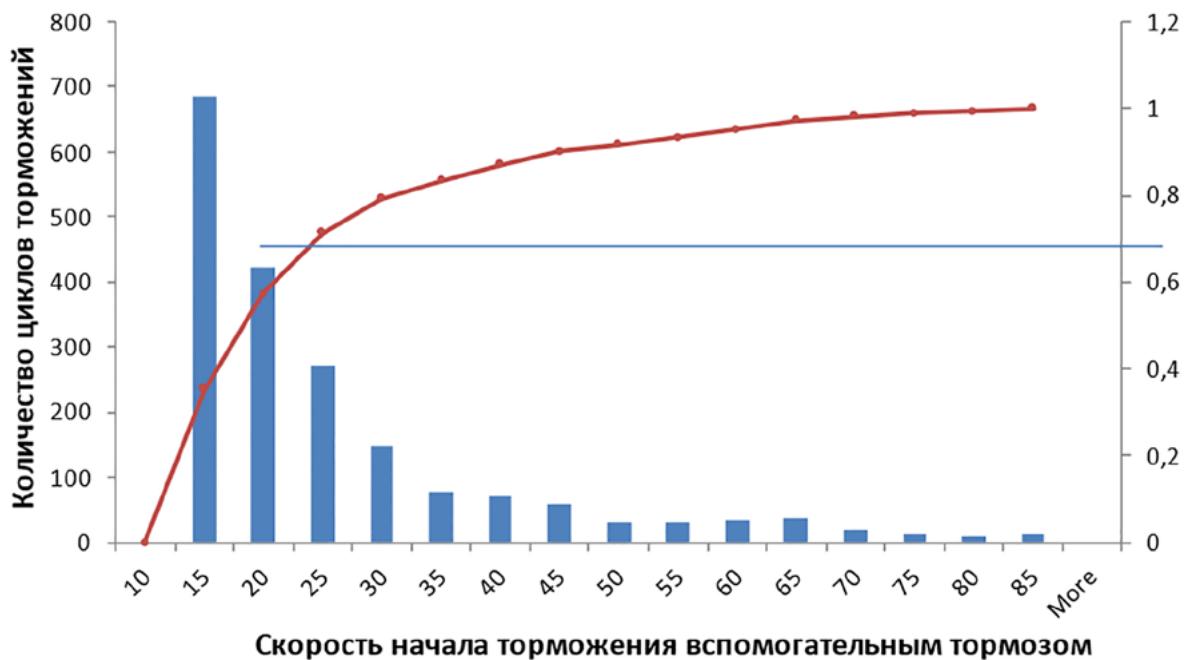


Рис. 3. Группированный ряд значений скорости начала торможения вспомогательным тормозом тепловоза № 1 за шесть месяцев 2025 г.

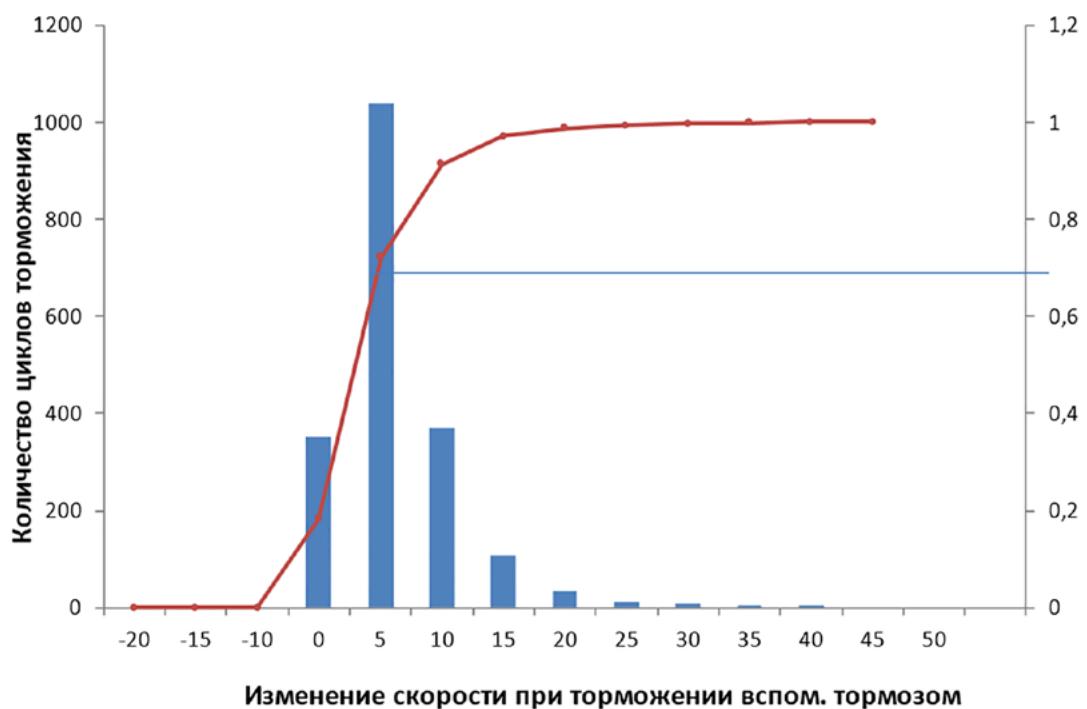


Рис. 4. Группированный статистический ряд изменения скорости при торможении вспомогательным тормозом тепловоза № 2 за шесть месяцев 2025 г.

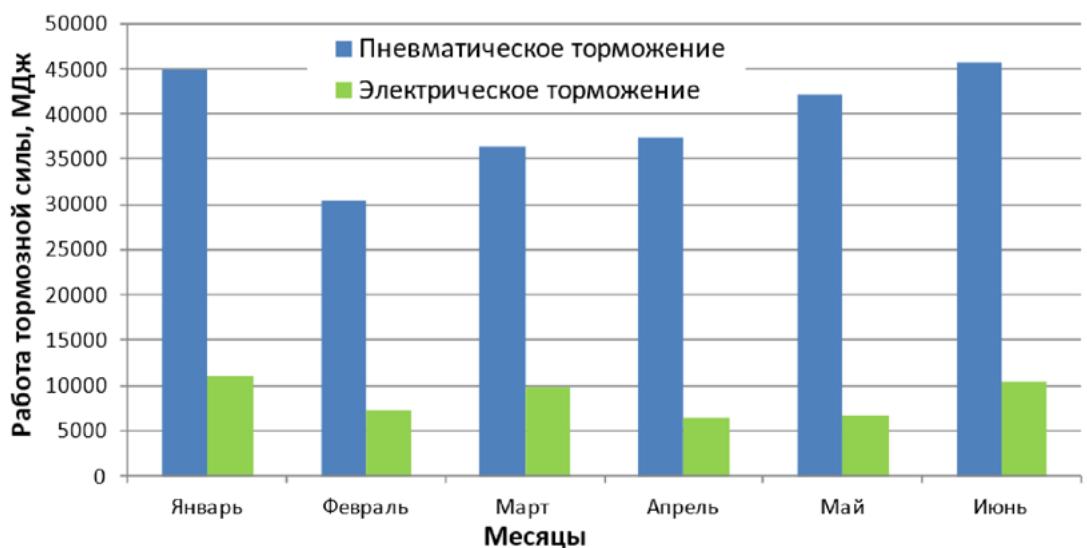


Рис. 5. Суммарная работа тормозных сил пневматических колодочных тормозов и электрического тормоза двух тепловозов

мощности (для тепловоза 2ТЭ25КМ — не менее 5700 кВт [5]). Следовательно, во всех случаях применения пневматического тормоза локомотива в указанный период при скоростях выше 10 км/ч его можно было заменить электрическим тормозом без потери тормозной эффективности.

Таким образом, при рациональном и эффективном использовании серийного оборудования реостатного тормоза тепловоза 2ТЭ25КМ применение вспомогательного пневматического тормоза локомотива при скоростях выше 10 км/ч (а при использовании современных систем рео-

статного торможения [11] — при всех скоростях, вплоть до остановки) может быть полностью исключено. Это позволит в разы сократить расход тормозных колодок и увеличить ресурс бандажей колесных пар.

Как показывают результаты опросов машинистов, основной причиной отказа от использования реостатного торможения являются:

- отсутствие подробного регламента применения РТ; если в Правилах технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава [4] подробно описана технология применения пневматических и электропневматических тормозов при работе с поездами разной массы и длины, Инструкцией о порядке применения электрического (реостатного, рекуперативного) тормоза при следовании с поездом [5] устанавливаются преимущественно общие требования к процессу управления тормозом, многие из которых носят рекомендательный характер;

- необходимость выполнения дополнительных, отличных от стереотипных, операций по управлению тормозами;

- отсутствие необходимой квалификации у локомотивных бригад тепловозов (отсутствие навыков управления реостатным тормозом, недостаточное представление о принципах действия тормоза, тормозных характеристиках локомотива и приемах его применения);

- отсутствие уверенности в надежности работы электрических цепей управления силовыми аппаратами локомотива (в гарантированном восстановлении схемы тягового режима после выхода из режима торможения);

- опасение возникновения избыточных продольно-динамических реакций в составе поезда и вызванных ими нарушений в работе приборов пневматического торможения, прежде всего воздухораспределителей, следствием которых будет

самопроизвольное срабатывание пневматических тормозов состава;

- перерасход топлива вследствие работы дизеля с повышенной частотой вращения в период торможения.

Анализ тормозных характеристик тепловоза 2ТЭ25КМ (рис. 7) [13] показывает, что электрический тормоз при соответствующем управлении током возбуждения ТЭД в режиме торможения может использоваться в качестве полноценной замены вспомогательному тормозу локомотива в диапазоне скоростей движения от 90 до 25 км/ч даже при максимальном давлении в тормозных цилиндрах (0,42 МПа). Поскольку в процессе реальной эксплуатации торможение с максимальным (0,42 МПа) давлением в ТЦ практически никогда не применяется (рис. 8), можно констатировать возможность полноценного замещения вспомогательного пневматического тормоза локомотива при скоростях движения от 100 до 10–25 км/ч (в зависимости от положения рукоятки крана вспомогательного тормоза), после чего должен выполняться переход на пневматическое торможение.

Такое замещение позволит полностью исключить колодочное торможение локомотива при использовании поездного тормоза и не менее чем на 60 % уменьшить количество циклов регулировочного торможения вспомогательным тормозом при скоростях движения более 10 км/ч.

Для исключения нарушения стереотипа действий машинистов при торможении управление как пневматическим, так и реостатным тормозом должно осуществляться изменением положения рукоятки крана вспомогательного тормоза при торможении одиночного локомотива и изменением положения рукоятки поездного крана машиниста при торможении поезда (пневматическими тормозами состава и реостатным тормозом локомотива).

Выбор вида торможения должен осуществляться автоматически в зависимости от скоро-

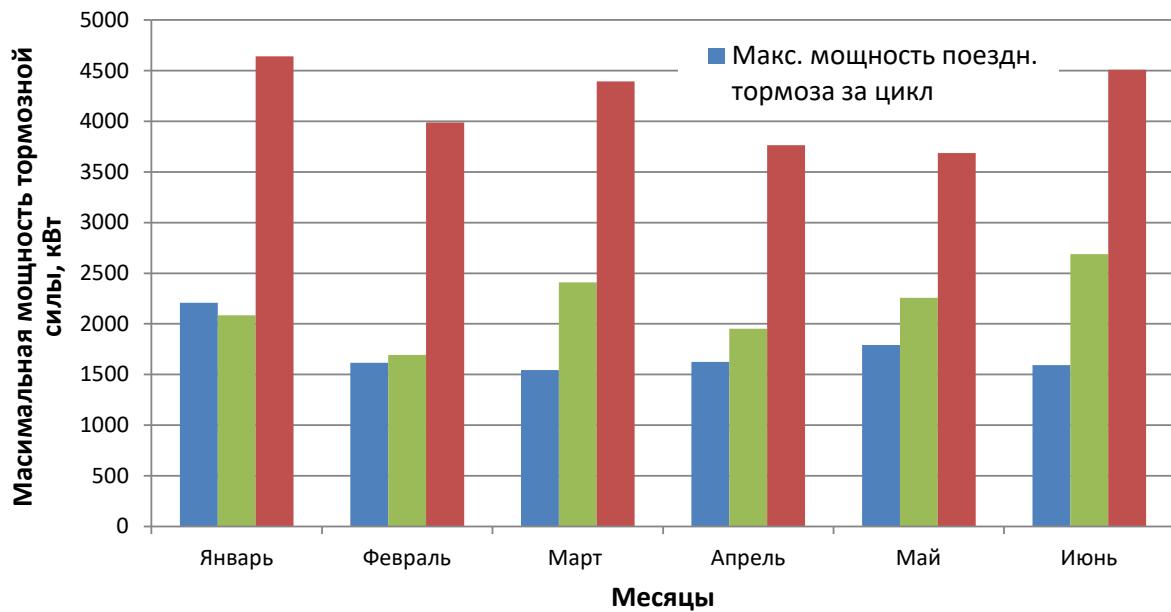


Рис. 6. Максимальная тормозная мощность, реализуемая разными видами тормоза

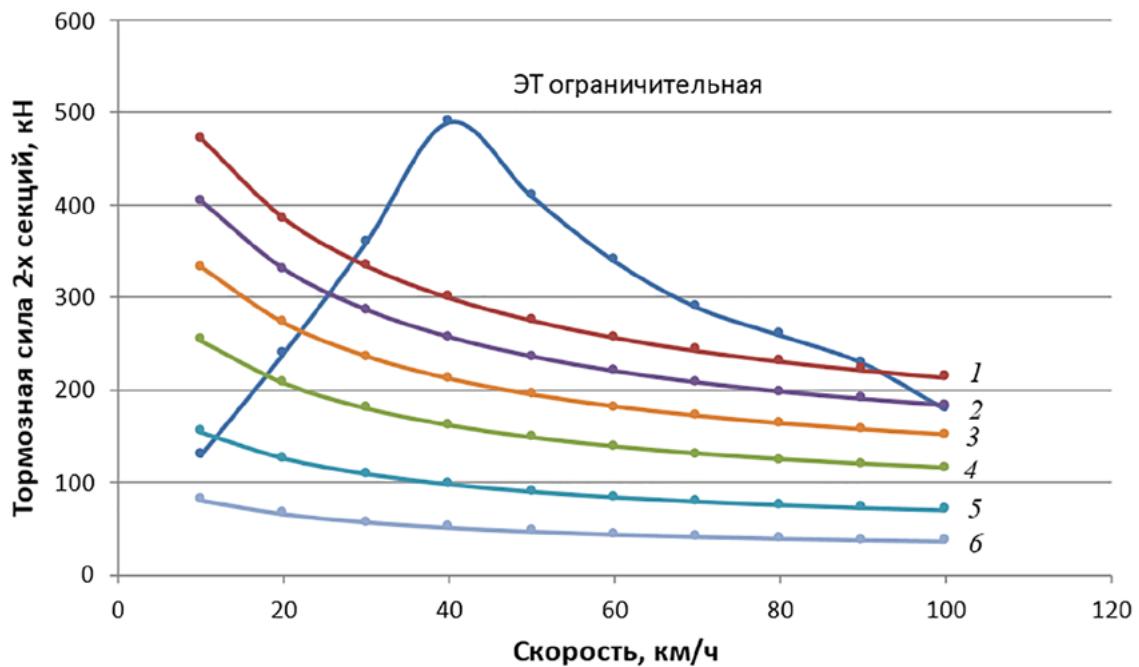


Рис. 7. Тормозные характеристики вспомогательного пневматического и реостатного тормоза тепловоза 2ТЭ25КМ:

P_{tp} , МПа: 1 — 0,42; 2 — 0,34; 3 — 0,26; 4 — 0,18; 5 — 0,10; 6 — 0,06

сти движения, тормозная характеристика должна соответствовать текущему положению управляющего органа (рукоятки крана вспомогательного тормоза или ступени торможения поездным тормозом) и соответствующему ему давлению в тормозных цилиндрах. В этом случае вероятность

возникновения повышенных продольно-динамических реакций в составе поезда будет соответствовать торможению с применением вспомогательного тормоза и может быть даже уменьшена

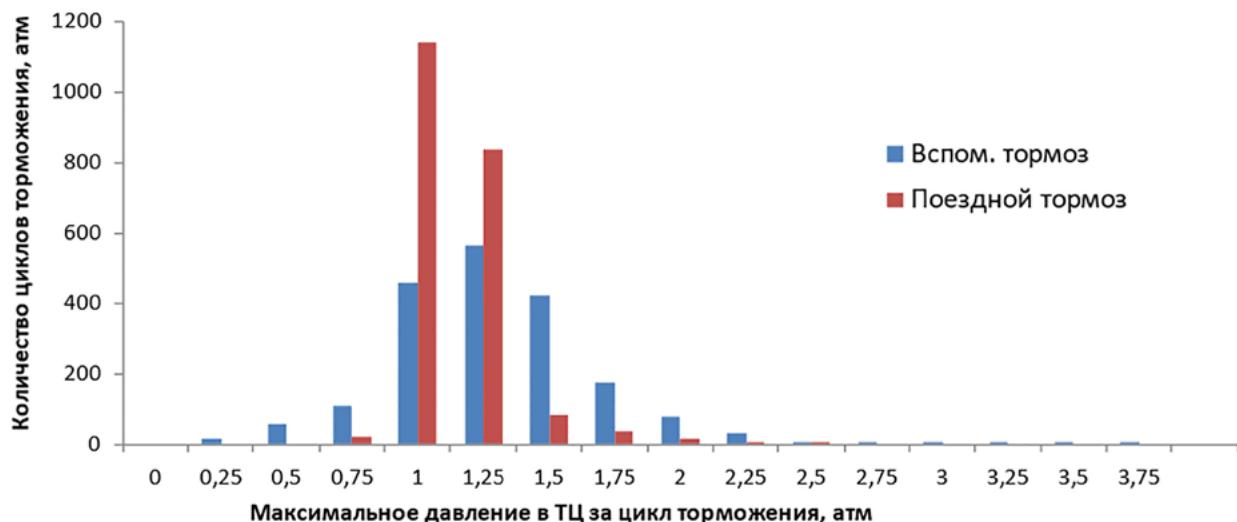


Рис. 8. Группированный статистический анализ максимальных значений давления в ТЦ при использовании разных видов пневматических тормозов

за счет автоматизации контроля интенсивности увеличения тормозной силы в начальный период торможения и управления процессом отпуска пневматического тормоза при комбинированном торможении.

Стандартный алгоритм управления электрическим торможением на тепловозе предусматривает увеличение частоты вращения коленчатого вала дизеля для увеличения расхода охлаждающего воздуха через тяговые электродвигатели. На тепловозе 2ТЭ25КМ при переводе рукоятки задатчика на тормозные позиции частота вращения коленчатого вала дизеля увеличивается с 350 до 555 об/мин [3], что приводит к увеличению расхода топлива примерно на 70 % (с учетом затрат мощности на возбуждение ТЭД в тормозном режиме) по отношению к расходу на холостом ходу дизеля.

Анализ продолжительности циклов торможения (рис. 9) показывает, что она редко превышает 120 с при токах, значительно ниже предельного значения (630 А) (рис. 10).

Учитывая тот факт, что тепловая постоянная времени тягового электродвигателя типа ЭД133 при расходе воздуха, соответствующем частоте вращения вентиляторов охлаждения электриче-

ских машин на холостом ходу дизеля, составляет примерно 7 мин. [12], перегрев якоря ТЭД при торможении будет зависеть от продолжительности режима торможения и среднего значения тормозного тока.

Выполненный по методике ПТР [12] расчет показывает, что для режимов торможения, статистический ряд которых приведен на рис. 9 и 10, без увеличения частоты вращения коленчатого вала дизеля только при продолжительности торможения более 500 с со средним током более 550 А (два цикла торможения из 757 циклов за полгода эксплуатации тепловоза) увеличение температуры за время торможения достигает 18–21 градусов при начальной температуре якоря ТЭД 60 °С, во всех иных случаях оно не превышает 5–8 градусов (рис. 11). Следовательно, частота вращения коленчатого вала дизеля при входе в режим РТ может устанавливаться системой управления в зависимости от величины тормозного тока (возможно, с учетом температуры охлаждающего воздуха) и увеличиваться только при токе, превосходящем 550 А. Это позволит существенно сократить расход топлива на охлаждение ТЭД при торможении как за счет уменьшения механических потерь в дизеле, так и за счет



Рис. 9. Группированный статистический ряд продолжительности циклов торможения реостатным тормозом

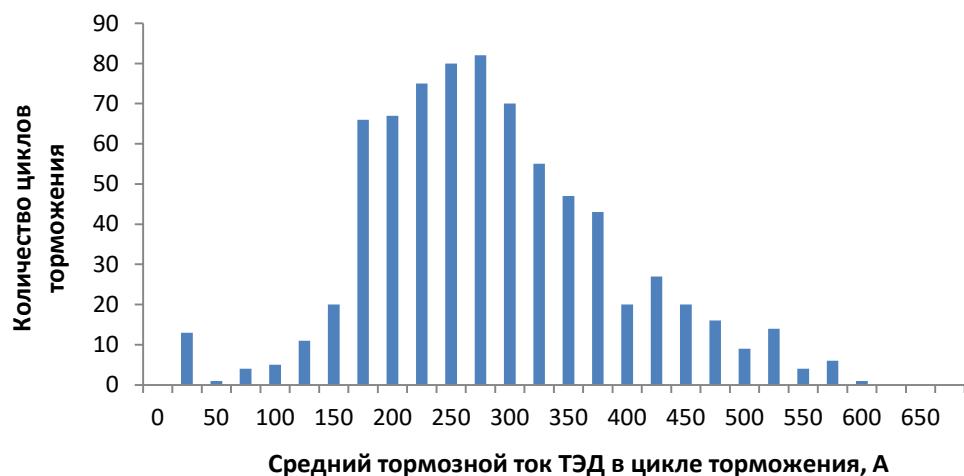


Рис. 10. Группированный статистический ряд значений среднего тормозного тока в цикле торможения

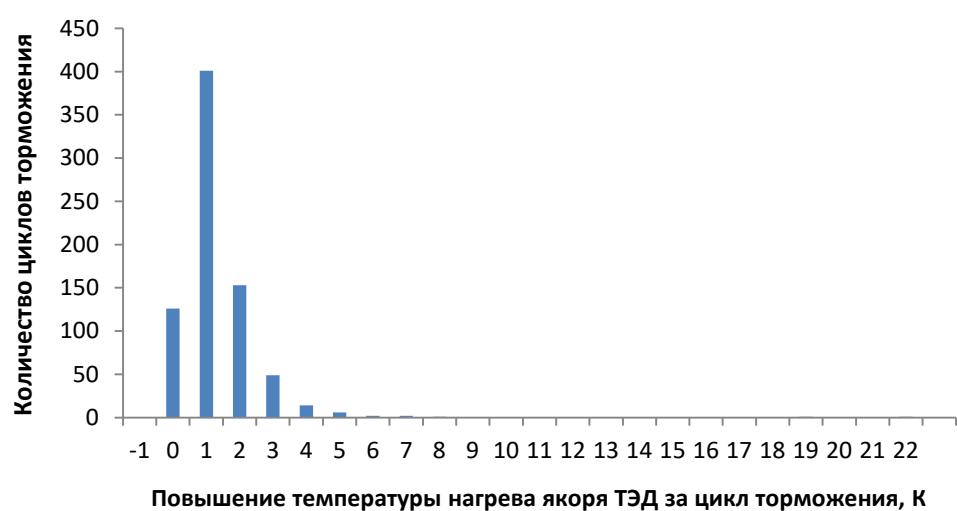


Рис. 11. Группированный статистический ряд значений изменения температуры нагрева ТЭД за цикл торможения ЭТ

повышения индикаторного коэффициента полезного действия дизеля при увеличении цикловой подачи топлива (затраты мощности на возбуждение тягового генератора, потери в генераторе и питание обмоток возбуждения ТЭД в режиме РТ) в режиме холостого хода ДГУ.

Выводы

В результате выполненного анализа эффективности использования тормозных средств грузовых тепловозов в эксплуатации на примере тепловозов 2ТЭ25КМ, эксплуатирующихся на полигонах Октябрьской, Московской и Северной железных дорог, установлено следующее:

1. Имеющиеся на локомотиве виды тормозного оборудования в процессе эксплуатации тепловозов для выполнения регулировочных торможений при скорости движения более 10 км/ч используются с разной интенсивностью.

2. В 83 % циклов торможений применяются пневматические колодочные тормоза состава и локомотива. Реостатный тормоз используется не более чем в 17 % либо не используется вообще.

3. В эксплуатационных локомотивных депо дирекции тяги филиала ОАО «РЖД» отсутствует контроль за использованием реостатного тормоза на тепловозах, решение о его применении принимается машинистом непосредственно в пути следования. В результате во многих эксплуатационных локомотивных депо реостатный тормоз тепловозов не используется, комплектность и исправность его оборудования при выполнении технического обслуживания не проверяются и не восстанавливаются.

4. Более чем в 41 % циклов регулировочных торможений для регулирования скорости поезда используется вспомогательный тормоз локомотива без задействования тормозов состава, при торможении поезда автоматическим тормозом (43 % циклов торможений) вспомогательный тормоз локомотива, как правило, не отпускается.

В результате тормозные колодки и бандажи колесных пар локомотивов используются для регулирования скорости движения поездов, что приводит к увеличению эксплуатационных расходов ОАО «РЖД» за счет увеличения расхода колодок и уменьшения ресурсов бандажей колесных пар.

5. Мощность реостатного тормоза тепловоза, его высокая разрешающая способность по управляющему воздействию (тормозной силе) и хорошая управляемость позволяют полностью исключить колодочное торможение локомотива при использовании поездного тормоза и не менее чем на 60 % уменьшить количество циклов регулировочного торможения вспомогательным тормозом при скоростях движения более 10 км/ч.

6. Использование реостатного тормоза для стабилизации скорости движения поезда в режиме торможения позволяет полностью исключить использование вспомогательного тормоза локомотива при регулировочных торможениях и примерно в два раза сократить количество регулировочных торможений с применением автоматических тормозов поезда.

7. Для исключения нарушения стереотипа действий машинистов при торможении управление как пневматическим, так и реостатным тормозом должно осуществляться изменением положения рукоятки крана вспомогательного тормоза при торможении одиночного локомотива и изменением положения рукоятки поездного крана машиниста при торможении поезда с автоматическим выбором вида тормоза в зависимости от скорости движения, при этом тормозная характеристика должна соответствовать текущему положению управляющего органа (рукоятки крана вспомогательного тормоза или ступени торможения поездным тормозом) и соответствующему ему давлению в тормозных цилиндрах.

9. С целью снижения расхода топлива тепловозом на охлаждение ТЭД в режиме реостатного торможения подача охлаждающего воздуха к ним

(частота вращения коленчатого вала) должна регулироваться в зависимости от продолжительности процесса торможения и величины тормозного тока.

10. Регулярное и эффективное применение реостатного торможения на тепловозах является одним из резервов снижения стоимости стадии владения их жизненного цикла, в связи с чем целесообразна организация постоянного контроля за использованием реостатного тормоза тепловозов в процессе их эксплуатации с использованием современных средств удаленной диагностики и мониторинга параметров локомотивов.

Список источников

1. Кран машиниста № 130: устройство и принцип действия / АО МТЗ-Трансмаш: офиц. сайт. — URL: https://mtz-transmash.ru/news/2010/01/02/kran_mashinista_130_ustrojstvo_i_princip_dejstvija (дата обращения: 27.08.2025).
2. Кран вспомогательного тормоза локомотива с дистанционным управлением / АО МТЗ-Трансмаш: офиц. сайт. — URL: <https://mtz-transmash.ru/files/presentation/224d.pdf> (дата обращения: 27.08.2025).
3. Магистральный грузовой двухсекционный тепловоз 2ТЭ25КМ. Руководство по эксплуатации. Часть 1. Техническое описание 2ТЭ25КМ РЭ/ЗАО УК БМЗ. — Брянск, 2015. — 153 с.
4. Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава: утв. приказом министра транспорта России от 3 июня 2014 г. № 151. — М., 2024 г. — 189 с.
5. Инструкция о порядке применения электрического (реостатного, рекуперативного) тормоза при следовании с поездом: утв. расп. ОАО «РЖД» от 21 ноября 2024 г. № 2883/р. — 7 с.
6. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г. / Распоряжение

Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. — М., 2021 г. — 281 с.

7. Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 г. и на перспективу до 2030 г. (белая книга)/ Распоряжение ОАО «РЖД» от 17 апреля 2018 г. № 769/р. — М., 2018 г. — 113 с.

8. Бушуев С. В. Методы повышения пропускной и провозной способности участков железных дорог техническими средствами автоматики: дисс. ... д-ра техн. наук / С. В. Бушуев. — СПб., 2025. — 364 с.

9. Система автоматизированная контроля параметров работы дизельного подвижного состава и учета дизельного топлива АСК: Руководство по эксплуатации 27.Т.358.00.00.000 РЭ. — Коломна: АО ВНИКТИ, 2010. — 36 с.

10. Сергеев С. В. Микропроцессорная система управления электрооборудованием тепловоза 2ТЭ25КМ / С. В. Сергеев, А. Ю. Буняев, С. З. Гургурев, М. А. Егоров // Локомотив. — 2019. — № 5(749). — С. 24–26.

11. Ким С. И. Контроль исправности тепловоза ТЭМ7А перед началом работы в режиме «Автомашинист» / С. И. Ким, А. А. Пронин, С. В. Елисеев // Локомотив. — 2023. — № 2(794). — С. 5–6.

12. Правила тяговых расчетов для поездной работы. Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 12 мая 2016 г. № 867р. — М.: ОАО «РЖД», 2016. — 514 с.

13. Магистральный двухсекционный грузовой тепловоз 2ТЭ25К мощностью 2x2500 кВт (2x3400 л. с.) с электрической передачей переменно — постоянного тока с поосным регулированием силы тяги: Технические условия ТУ 3181-001-00210766-07. — Брянск: УК «БМЗ», 2007. — 111 с.

Дата поступления: 27.10.2025

Решение о публикации: 30.11.2025

Контактная информация:

ТАНАЕВ Валерий Фаритович — lt@pgups.ru

Analysis of the Efficiency of Diesel Locomotive Brake Equipment

V. F. Tanaev

JSC “Russian Railways”, 2/1, bld. 1, Novaya Basmannaya str., Moscow, 107174, Russian Federation

For citation: Tanaev V. F. Analysis of the Efficiency of Diesel Locomotive Brake Equipment // *Proceedings of Petersburg State Transport University*, 2025, vol. 22, iss. 4, pp. 880–894. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2025-4-880-894

Summary

Purpose: The brake equipment in a modern freight locomotive with an electric transmission incorporates an automatic straight brake for controlling the pneumatic brake equipment of the train and locomotive, a locomotive manual straight brake, and an electrodynamic rheostatic brake. The purpose of this paper is to conduct a comparative analysis of the efficiency of different types of diesel locomotive brakes during operation and to determine ways to improve them. **Methods:** A statistical analysis was conducted on data obtained from contemporary locomotive monitoring systems, focusing on the calculations of heating and wheel tread loosening during extended braking. **Results:** The analysis of data from remote monitoring of the power plant parameters for 2TE25KM diesel locomotives operating on the Oktyabrskaya, Moskovskaya and Severnaya railways demonstrate that over 83% of adjustment braking cycles are performed using the pneumatic brake shoes of both the train and locomotive. Notably, the locomotive’s auxiliary brake remains unengaged when automatic straight brakes are applied, resulting in the brake shoes and wheel treads of the diesel locomotives being primarily responsible for train braking. Furthermore, the rheostatic braking is used in less than 17% of braking cycles, even though it has the capacity to entirely replace the automatic straight brake and decrease reliance on the locomotive auxiliary brake by 60% at speeds exceeding 10 km/h. **Practical significance:** Enhancing the efficiency of rheostatic brake systems in diesel locomotives requires the optimization of the control system to uphold the established standards of brake management for locomotive crews during operation.

Keywords: Rheostatic brake, automatic straight brake, locomotive auxiliary brake, braking cycle, braking force, braking power.

References

1. *Kran mashinista № 130: ustroystvo i printsip deystviya* [Driver’s Valve № 130: Design and Operation Principle]. Available at: https://mtz-transmash.ru/news/2010/01/02/kran_mashinista_130_ustroystvo_i_princip_dejstviya (accessed: August 27, 2025). (In Russian)
2. *Kran vspomogatel’nogo tormoza lokomotiva s disantsionnym upravleniem* [Locomotive Auxiliary Brake Valve with Remote Control]. Available at: <https://mtz-transmash.ru/files/presentation/224d.pdf> (accessed: August 27, 2025). (In Russian)
3. *Magistral’nyy gruzovoy dvukhseksionnyy teplovoz 2TE25KM. Rukovodstvo po ekspluatatsii. Chast’ 1. Tekhnicheskoe opisanie 2TE25KM RE* [Mainline Freight Two-Section Diesel Locomotive 2TE25KM. Operation Manual. Part 1. Technical Description 2TE25KM RE]. Bryansk, 2015, 153 p. (In Russian)
4. *Pravila tekhnicheskogo obsluzhivaniya tormoznogo oborudovaniya i upravleniya tormozami zheleznodorozhного podvizhnogo sostava: utv. prikazom ministra transporta Rossii ot 3 iyunya 2014 g. № 151* [Rules for the Technical Maintenance of Braking Equipment and Brake Control of Railway Rolling Stock: approved by Order of the Minister of Transport of Russia dated June 3, 2014, № 151]. Moscow, 2024, 189 p. (In Russian)
5. *Instruktsiya o poryadke primeneniya elektricheskogo (reostatnogo, rekuperativnogo) tormoza pri sledovanii s poezdom: utv. rasp. OAO “RZhD” ot 21 noyabrya 2024 g.*

№ 2883/r [Instructions on the Procedure for Applying Electric (Rheostatic, Regenerative) Brake When Traveling with a Train: approved by Resolution of JSC Russian Railways dated November 21, 2024, № 2883/r]. 7 p. (In Russian)

6. *Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii do 2030 g. s prognozom na period do 2035 g. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 27 noyabrya 2021 g. № 3363-r* [Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a Forecast for the Period up to 2035. Order of the Government of the Russian Federation of November 27, 2021 № 3363-r]. Moscow, 2021, 281 p. (In Russian)

7. *Strategiya nauchno-tehnologicheskogo razvitiya kholdinga "RZhD" na period do 2025 g. i na perspektivu do 2030 g. (belyaya kniga). Rasporyazhenie OAO "RZhD" ot 17 aprelya 2018 g. № 769/r* [Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Railways Holding Company for the Period up to 2025 and for the Future up to 2030 (White Paper). Order of JSC Russian Railways of April 17, 2018 № 769/r]. Moscow, 2018, 113 p. (In Russian)

8. Bushuev S. V. *Metody povysheniya propusknoy i voznoy sposobnosti uchastkov zheleznykh dorog tekhnicheskimi sredstvami avtomatiki: diss. ... d-ra tekhn. nauk* [Methods for Increasing the Throughput and Carrying Capacity of Railway Sections Using Automation Equipment: Dr. tech. sci. diss.]. St. Petersburg, 2025, 364 p. (In Russian)

9. *Sistema avtomatizirovannaya kontrolya parametrov raboty dizel'nogo podvizhnogo sostava i ucheta dizel'nogo topiva ASK: Rukovodstvo po ekspluatatsii 27.T.358.00.00.000 RE* [Automated System for Monitoring Diesel Rolling Stock Operation Parameters and Diesel Fuel Accounting ASK: Operation Manual 27.T.358.00.00.000 RE]. Kolomna, 2010, 36 p. (In Russian)

10. Sergeev S. V., Bunyaev A. Yu., Gurgurov S. Z., Egorov M. A. *Mikroprotsessornaya sistema upravleniya elektrooborudovaniem teplovoza 2TE25KM* [Microprocessor Control System for Electrical Equipment of Diesel Locomotive 2TE25KM]. *Lokomotiv* [Locomotive]. 2019, Iss. 5(749), pp. 24–26. (In Russian)

11. Kim S. I., Pronin A. A., Eliseev S. V. *Kontrol' ispravnosti teplovoza TEM7A pered nachalom raboty v rezhime "Avtomashinist"* [Fault Detection of Diesel Locomotive TEM7A Before Starting in "Automated Driver" Mode]. *Lokomotiv* [Locomotive]. 2023, Iss. 2(794), pp. 5–6. (In Russian)

12. *Pravila tyagovykh raschetov dlya poezdnoy raboty. Utverzhdeny rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 12 maya 2016 g. № 867r* [Rules for Traction Calculations for Train Operation. Approved by Order of JSC Russian Railways dated May 12, 2016, № 867r]. Moscow: OAO "RZhD" Publ., 2016, 514 p. (In Russian)

13. *Magistral'nyy dvukhsektzionnyy gruzovoy teplovoz 2TE25K moshchnost'yu 2x2500 kW (2x3400 l. s.) s elektricheskoy peredachey peremenno — postoyannogo toka s poosnym regulirovaniem sily tyagi: Tekhnicheskie usloviya TU 3181-001-00210766-07* [Mainline two-section freight diesel locomotive 2TE25K with a capacity of 2x2500 kW (2x3400 hp) with AC/DC electric transmission with axle-by-axle traction control: Technical Specifications TU 3181-001-00210766-07]. Bryansk, 2007, 111 p. (In Russian)

Received: October 27, 2025

Accepted: November 30, 2025

Author's information:

Valery F. TANAEV — lt@pgups.ru