

П. А. Харченко

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ СРЕДСТВ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ, ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛОКОМОТИВА

Аннотация. Рассматривается совершенствование системы и технологии эксплуатации тягового подвижного состава на основе анализа эксплуатационных данных, полученных машинистами различного уровня квалификации в процессе управления локомотивами. Для оценки указанных данных использовались средства объективного контроля – бортовые регистраторы параметров движения, микропроцессорные системы управления и диагностики, а также приборы безопасности и автоведения. Разработана и внедрена методика оценки соблюдения технологии эксплуатации подвижного состава, а также рейтинговая система оценки машинистов, позволившая снизить операционные риски и повысить эффективность эксплуатации подвижного состава. Методика реализована в эксплуатационных локомотивных депо Северо-Кавказской дирекции тяги и использована в концепции модели дифференцированного подбора и назначения машинистов локомотивов на рейсы в зависимости от категорий поездов.

Ключевые слова: безопасность движения, надежность, технология эксплуатации, подвижной состав, локомотивная бригада, средства диагностики и мониторинга технического состояния.

Для цитирования: Харченко, П. А. Совершенствование системы и технологии эксплуатации подвижного состава на основе анализа информации средств регистрации параметров движения, диагностики и мониторинга технического состояния локомотива / П. А. Харченко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 201–210. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_1_201.

Введение

Долгосрочной стратегией и программой развития холдинга «Российские железные дороги» определены ключевые цели по повышению уровня безопасности транспортной системы страны, надежности и энергоэффективности перевозок [1–2]. Дирекция тяги – основной филиал ОАО «РЖД», основная задача которого заключается в обеспечении потребности в локомотивных бригадах и эксплуатируемом парке локомотивов на планируемый объем перевозок грузов и пассажиров с учетом принципов клиентоориентированности при безусловном соблюдении требований безопасности, надежности и технологии эксплуатации подвижного состава. На сегодняшний день актуальным направлением деятельности данного подразделения является совершенствование системы и технологии эксплуатации тягового подвижного состава (ТПС) в условиях реализации полигонных принципов управления движением поездов для повышения технико-экономических показателей работы локомотивного комплекса [3–4].

Для обеспечения требований безопасности движения, реализации тяжеловесного грузового движения и увеличения скорости перевозки грузов и пассажиров Дирекцией тяги производится обновление парка локомотивами с улучшенными техническими характеристиками на всех полигонах железных дорог. Экономия эксплуатационных расходов от приобретения ТПС достигается за счет увеличения коэффициента готовности к эксплуатации (КГЭ), надежности, а также снижения продолжительности и изменения структуры ремонтного цикла и удельного потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Для повышения надежности ТПС и ответственности за качество проведенного ремонта подразделением решены важные стратегические задачи по переходу на полное сервисное обслуживание локомотивного парка, укрупнению и оптимизации числа ремонтных локомотивных депо.

Нарушения режимов эксплуатации локомотивов вследствие низкого уровня технических знаний или невыполнения требований должностных обязанностей машинистами приводят к отказам технических средств (ОТС), сбоям в графике движения поездов, необходимости проведения внеплановых ремонтов, что снижает надежность локомотивного парка и приводит к необоснованным издержкам и простоям ТПС на сервисном обслуживании. Для минимизации операционных рисков, связанных с влиянием машинистов на технологию эксплуатации подвижного состава в процессе обслуживания и

управления локомотивами, в ОАО «РЖД» реализуется Программа развития человеческого капитала, которая регламентирует системную работу в процессах подбора, оценки, обучения и развития контингента локомотивных бригад [5].

Несмотря на весь комплекс мероприятий по повышению безопасности движения и надежности подвижного состава на инфраструктуре ОАО «РЖД», остаются высокими риски возникновения транспортных происшествий и событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта (далее – событий) по ремонтной и эксплуатационной составляющим в локомотивном комплексе. По итогам работы за 2024 год уровень безопасности движения для локомотивного комплекса (удельное количество событий на 1 млн поездо-км) при целевом значении 0,135 не выполнен и составил 0,186, в том числе с дифференцированием по составляющим: 0,133 – ремонтная, 0,053 – эксплуатационная. В абсолютных единицах потери поездо-часов из-за отказов технических средств и технологических нарушений за 2024 год по локомотивному комплексу составили 161,1 тыс. часов, в удельных единицах на 1 млн км линейного пробега – 97,9 часов [6].

Высоким остается уровень эксплуатационной составляющей, поэтому для снижения операционных рисков необходимо совершенствовать технологию эксплуатации ТПС, основанную на системе сбалансированных показателей эксплуатации подвижного состава с последующей выработкой управленческих решений, направленных на повышение квалификации ремонтного и эксплуатационного персонала и качества управления жизненным циклом локомотива.

Методика расчета

С целью обеспечения безопасности движения, надежности подвижного состава, рационального использования эксплуатационных характеристик локомотива, на сегодняшний день остается актуальным вопрос разработки методики оценки соблюдения технологии эксплуатации подвижного состава на основе использования инновационных средств и методов обработки информации [7].

В современных автоматизированных системах управления эксплуатацией и ремонтом ТПС источником получения данных должны служить средства объективного контроля параметров эксплуатации локомотивов – бортовые регистраторы параметров движения, микропроцессорные системы управления и диагностики, приборы безопасности и автоведения. Они позволяют производить сбор, систематизацию, хранение и анализ информации об эксплуатации подвижного состава и алгоритмах вождения поездов посредством специализированных автоматизированных систем управления и рабочих мест на железнодорожном транспорте (АСУ ЖТ, АРМ). Критерии и источники информации для оценки параметров выполнения технологии эксплуатации подвижного состава представлены в табл. 1 [8–9].

Таблица 1

Критерии оценки технологии эксплуатации подвижного состава

№ п/п	Показатель	Критерий оценки качества выполнения технологии эксплуатации ТПС	Источник информации
1	Безопасность движения подвижного состава, сохранность транспортной инфраструктуры, окружающей среды, груза, жизни и здоровья пассажиров.	– Транспортные происшествия – События – ОТС 1, 2, 3-й категорий – нарушения при управлении автотормозами (грубые и прочие)	Приборы безопасности и автоведения (КЛУБ-У, БЛОК, САУТ-ЦМ, УСАВП и др.), АСУ ЖТ (КАСАНТ, НБД, РБ, ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и др.)
2	Бюджет рабочего времени ТПС (с декомпозицией по элементам оборота)	– Технологические нарушения 1-й и 2-й категорий	АСУ ЖТ (КАСАНТ, ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и др.)
3	Надежность ТПС (влияние эксплуатационной составляющей)	– Нарушения режимов эксплуатации локомотивов	Микропроцессорные системы управления и диагностики (МСУД МПСУ), приборы безопасности локомотива (САУТ-ЦМ, КЛУБ-У, БЛОК), АСУ ЖТ (НБД)

Окончание табл. 1

№ п/п	Показатель	Критерий оценки качества выполнения технологии эксплуатации ТПС	Источник информации
4	Качество использования эксплуатационных характеристик и параметров подвижного состава	– Соблюдение нормативного графика движения поездов	АСУ ЖТ (КАСАНТ, НБД, ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и др.)
5	Энергоэффективность	– Потребление и возврат (рекуперация) электроэнергии и дизельного топлива на тягу поездов и маневровую работу	Системы автоведения и ресурсосбережения, установленные на локомотиве (УСАВП, РПРТ, АПК «БОРТ», АСК ВИС), АСУ ЖТ (КИХ SAS, ЦОММ)
6	Плавность хода подвижного состава, комфортность перевозки пассажиров, сохранность груза	– Продольно-динамические реакции в поезде, их критические значения в различных режимах управления ТПС	Имитационная модель поезда на основе синтеза программных комплексов «Универсальный механизм» и Matlab Simulink

В процессе эксплуатации подвижного состава ключевое влияние на безопасность, надежность и качественные показатели оказывают критерии № 1–3 (см. табл. 1), а критерии № 4–6 (см. табл. 1) отражают параметры, влияющие на энергоэффективность, плавность хода и качество использования эксплуатационных характеристик ТПС. Проранжируем критерии № 1–3, связанные с операционными рисками возникновения транспортных происшествий, событий, отказов технических средств, нарушений технологии и режимов эксплуатации ТПС, учитывая вероятность возникновения и тяжесть последствий, с применением метода экспертных оценок. Таким образом, получим девять частных критериев, где максимальный ранг имеют события, а минимальный – нарушения режимов эксплуатации ТПС. Случаи возникновения транспортных происшествий (аварии, крушения), автоматически определяют квалификацию локомотивной бригады (л.б.) как несовместимую с эксплуатацией локомотива на инфраструктуре ОАО «РЖД» (табл. 2). Для установления степени тяжести влияния каждого фактора на технологию эксплуатации подвижного состава необходимо определить их веса c_1, \dots, c_9 . Поскольку сами веса считаем упорядоченными, но более никакой информации об этих величинах не задано, будем определять их по правилу Фишберна [10]:

$$c_i = \frac{2 \cdot (m - i + 1)}{(m + 1) \cdot m}, \quad i = 1 \dots m, \quad (1)$$

где i – ранг отдельного показателя; m – количество оцениваемых показателей.

В результате получаем следующие значения весовых коэффициентов: $c_1 = 0,2$; $c_2 = 0,1778$; $c_3 = 0,1556$; $c_4 = 0,1333$; $c_5 = 0,1111$; $c_6 = 0,0888$; $c_7 = 0,0666$; $c_8 = 0,0444$; $c_9 = 0,0222$.

Таблица 2

Статистическая информация для оценки технологии эксплуатации подвижного состава

№ п/п	Критерий оценки качества выполнения технологии эксплуатации ТПС M_{ψ}	Число нарушений x_i , ед.	Вес c_i	Удельный показатель нарушений на 10 тыс. лок.км для 1 л.б. h_i^* , ед.
1	Транспортные происшествия	0	-	-
2	События	1	0,2	$1,5 \cdot 10^{-4}$
3	ОТС 1-й категории	3	0,1778	$4,5 \cdot 10^{-4}$
4	ОТС 2-й категории	8	0,1556	$1,2 \cdot 10^{-3}$
5	ОТС 3-й категории	21	0,1333	$3,16 \cdot 10^{-3}$
6	Грубые нарушения при управлении автотормозами	622	0,1111	$9,355 \cdot 10^{-2}$

Окончание табл. 2

№ п/п	Критерий оценки качества выполнения технологии эксплуатации ТПС $N\psi$	Число нарушений x_i , ед.	Вес c_i	Удельный показатель нарушений на 10 тыс. лок.км для 1 л.б. h_i^* , ед.
7	Прочие нарушения при управлении авто-тормозами	6,995·103	8,89·10 ⁻²	1,052
8	Технологические нарушения 1-й категории	296	6,67·10 ⁻²	4,452·10 ⁻²
9	Технологические нарушения 2-й категории	497	4,44·10 ⁻²	7,475·10 ⁻²
10	Нарушения режимов эксплуатации ТПС	413	2,22·10 ⁻²	6,212·10 ⁻²

Автором был выполнен сбор статистической информации по эксплуатации подвижного состава со всех 10 эксплуатационных локомотивных депо Северо-Кавказской дирекции тяги в течение отчетного года для 2772 локомотивных бригад, при этом линейный пробег локомотивов составил 66,488 млн км (см. табл. 2). Для расчета параметров соблюдения технологии эксплуатации подвижного состава предлагается применять штрафную функцию, которая позволяет количественно оценить отклонения от заданных параметров и ограничений.

Включение штрафных значений способствует объективному анализу и принятию обоснованных управленческих решений. Штраф отражает степень несоответствия установленным требованиям и используется для вычисления рейтинговой оценки. Расчет штрафной функции за нарушения требований безопасности, надежности и технологии эксплуатации подвижного состава будем производить по следующей схеме. Основываясь на собранной статистике об эксплуатации ТПС по всем эксплуатационным локомотивным депо Северо-Кавказской дирекции тяги, вычислим отношение среднего числа нарушений каждой категории на одну локомотивную бригаду к некоторой величине пробега (10 тыс. лок. км).

Таким образом, фактическое (статистическое) значение штрафа на одну локомотивную бригаду составит:

$$\psi_i = \frac{h_i}{h_i^*} \cdot c_i, \quad (2)$$

$$\psi = \sum_{i=1}^{N_\psi} \psi_i, \quad (3)$$

где h_i – удельное значение величины одного из критериев технологии эксплуатации ТПС на 10 тыс. лок.км (см. табл. 2); h_i^* – средняя, определенная на основе статистических данных удельная величина одного из критериев технологии эксплуатации ТПС локомотивными бригадами на 10 тыс. лок.км; N_ψ – оцениваемые критерии технологии эксплуатации ТПС.

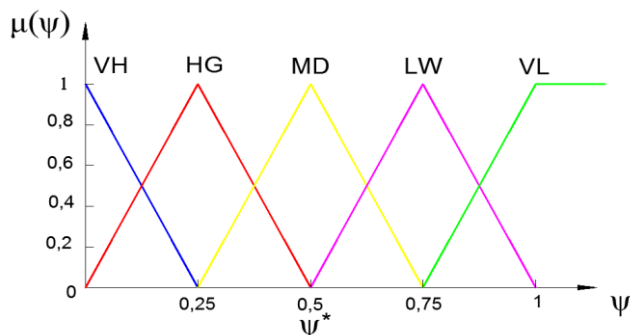
Здесь отношение $\frac{h_i}{h_i^*}$ характеризует степень соответствия номинального h_i^* (среднего определенного на основе статистических данных) и фактически оцениваемого параметра h_i .

Таким образом, формула (3) для расчета штрафа примет вид:

$$\psi = \sum_{i=1}^9 \frac{h_i}{h_i^*} \cdot c_i. \quad (1)$$

В качестве основного математического аппарата для расчета рейтинговой оценки технологии эксплуатации ТПС выбрана нечеткая логика в соответствии с теоретическими основами использования теории нечетких множеств [11,12]. Вычисленные средние значения нарушений в пересчете на 10 тыс. км на одну локомотивную бригаду по каждой из девяти категорий принимаются как база оценки и проецируются на нечеткую шкалу с оценкой MD (MIDDLE) – средний уровень, так как средний уровень квалификации данных машинистов составил 2,47, что является средним значением шкалы классности работников локомотивных бригад (см. рисунок). По этой причине для согласования номиналь-

ного значения штрафа за неверные или неоперативные действия локомотивных бригад с нечеткой шкалой введем значение масштабирующего коэффициента $z = 0,5$ (отражающего средний уровень квалификации машинистов).



Графики функции принадлежности терм-множеств лингвистической переменной $E(1)$

Для формирования терм-множеств лингвистической переменной «штрафной рейтинг» $E(1)$ введем суммарное номинальное значение штрафа Ψ , которое будет вычисляться по формуле (5)

при условии $\frac{h_i}{h_i^*} = 1$:

$$\Psi = z \cdot \psi. \quad (5)$$

В нашем случае формула (5) примет вид:

$$\Psi = 0,5 \cdot \psi. \quad (6)$$

Универсальным множеством для переменной Ψ будет являться отрезок $[0, 1]$, а множеством значений лингвистической переменной $E(1)$ – терм-множество $E(1) = \{EVH, EHG, EMD, ELW, EVL\}$, где EVH – «уровень выполнения технологии очень высокий (very high)»; EHG – «высокий (high)»; EMD – «средний (middle)»; ELW – «низкий (low)»; EVL – «очень низкий (very low)». При этом каждый терм из множества $E(1)$ является именем нечеткого подмножества на отрезке $[0, 1]$. Будем рассматривать эти подмножества как треугольные и трапециевидные нечеткие числа и их частные случаи.

Построенные исходя из изложенного подхода графики подмножеств терм-множеств лингвистической переменной $E(1)$ представлены на рисунке выше, а формулы для их расчета – в табл. 3.

Таблица 3

Формулы для расчета значений функции принадлежности терм-множеств лингвистической переменной $E(1)$

№ п/п	Терм-множества $E(1)$	Функции принадлежности нечеткого множества $E(1)$
1	$EVH, \Psi \in [0; 0,25]$	$\mu_{E^{(1)}}(\Psi) = \{1 - 4 \cdot \Psi\}$
2	$EHG, \Psi \in [0; 0,5]$	$\mu_{E^{(1)}}(\Psi) = \left\{ \begin{array}{l} 4 \cdot \Psi, \text{ если } 0 \leq \Psi < 0,25 \\ 1 - 4 \cdot (\Psi - 0,25), \text{ если } 0,25 \leq \Psi \leq 0,5 \end{array} \right\}$
3	$EMD, \Psi \in [0,25; 0,75]$	$\mu_{E^{(1)}}(\Psi) = \left\{ \begin{array}{l} 4 \cdot (\Psi - 0,25), \text{ если } 0,25 \leq \Psi < 0,5 \\ 1 - 4 \cdot (\Psi - 0,5), \text{ если } 0,5 \leq \Psi \leq 0,75 \end{array} \right\}$
4	$ELW, \Psi \in [0,5; 1]$	$\mu_{E^{(1)}}(\Psi) = \left\{ \begin{array}{l} 4 \cdot (\Psi - 0,5), \text{ если } 0,5 \leq \Psi < 0,75 \\ 1 - 4 \cdot (\Psi - 0,75), \text{ если } 0,75 \leq \Psi \leq 1 \end{array} \right\}$
5	$EVL, \Psi \in [0,75; +\infty]$	$\mu_{E^{(1)}}(\Psi) = \left\{ \begin{array}{l} 4 \cdot (\Psi - 0,75), \text{ если } 0,75 \leq \Psi < 1 \\ 1, \text{ если } \Psi > 1 \end{array} \right\}$

Для иллюстрации работы методики на примере одного из эксплуатационных локомотивных депо Северо-Кавказской дирекции тяги определим рейтинговую оценку соблюдения технологии эксплуатации ТПС для 15 работников локомотивных бригад (табл. 4–7) за отчетный период (календарный год) с использованием реальной информации о качестве работы, полученной средствами объективного контроля, представленными в табл. 1.

Выходная информация с расчетом рейтинговой оценки технологии эксплуатации подвижного состава локомотивными бригадами представлена в табл. 6, 7, где $R = 1 \dots N$ – рейтинг локомотивной бригады по возрастанию уровня нарушений технологии эксплуатации подвижного состава, N – количество оцениваемых локомотивных бригад.

Таблица 4

Абсолютные значения нарушений критериев соблюдения технологии эксплуатации подвижного состава

№ л.б.	Класс	Пробег 10 тыс. км	Абсолютные значения нарушений									
			x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	
1	2	6,1123	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	6,4977	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	4,2811	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	3	6,5646	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
5	2	5,2124	0	0	0	0	8	2	0	0	0	0
6	2	4,8721	0	0	0	0	1	16	2	0	0	2
7	1	6,1891	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0
8	-	5,8035	0	0	0	0	0	8	0	0	0	1
9	3	5,9458	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0
10	-	5,5574	0	0	0	0	2	3	0	0	0	2
11	1	5,8035	0	0	0	0	4	1	1	1	1	8
12	2	5,6104	0	0	0	0	6	0	4	4	0	0
13	3	5,6089	0	0	0	0	2	4	0	0	0	6
14	3	5,5834	0	0	0	0	0	1	2	5	0	0
15	-	5,5574	0	0	0	0	0	4	0	0	0	6

Таблица 5

Удельные значения нарушений критериев соблюдения технологии эксплуатации подвижного состава на 10 тыс. км линейного пробега

№ л.б.	Класс	Пробег ×10 тыс. км	Удельные значения нарушений (на 10 тыс. км)									
			h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	h8	h9	
1	2	6,1123	0,164	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	6,4977	0	0,154	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	4,2811	0	0	0,234	0	0	0	0	0	0	0
4	3	6,5646	0	0	0	0,152	0	0	0	0	0	0,152
5	2	5,2124	0	0	0	0	1,535	0,384	0	0	0	0
6	2	4,8721	0	0	0	0	0,205	3,284	0,411	0	0,411	0
7	1	6,1891	0	0	0	0	0	0	0,646	0,323	0	0
8	1	5,8035	0	0	0	0	0	1,378	0	0	0,172	0
9	3	5,9458	0	0	0	0	0	0,336	0,336	0,168	0	0
10	-	5,5574	0	0	0	0	0,36	0,54	0	0	0,36	0
11	1	5,8035	0	0	0	0	0,689	0,172	0,172	0,172	1,378	0
12	2	5,6104	0	0	0	0	1,069	0	0,713	0,713	0	0
13	3	5,6089	0	0	0	0	0,357	0,713	0	0	1,07	0
14	3	5,5834	0	0	0	0	0	0,179	0,358	0,896	0	0
15	-	5,5574	0	0	0	0	0	0,72	0	0	1,08	0

Таблица 6

**Вычисление рейтинговой оценки качества соблюдения
технологии эксплуатации подвижного состава**

№ л.б.	Значения штрафных баллов									Ψ	Ψ	R
	ψ1	ψ2	ψ3	ψ4	ψ5	ψ6	ψ7	ψ8	ψ9			
1	218,667	0	0	0	0	0	0	0	0	218,667	109,334	15
2	0	60,847	0	0	0	0	0	0	0	60,847	30,424	14
3	0	0	30,342	0	0	0	0	0	0	30,342	15,171	13
4	0	0	0	6,412	0	0	0	0	0,054	6,466	3,233	12
5	0	0	0	0	1,823	0,032	0	0	0	1,855	0,928	10
6	0	0	0	0	0,243	0,278	0,616	0	0,147	1,284	0,642	8
7	0	0	0	0	0	0	0,968	0,192	0	1,16	0,58	7
8	0	0	0	0	0	0,116	0	0	0,061	0,177	0,089	1
9	0	0	0	0	0	0,028	0,503	0,1	0	0,631	0,316	4
10	0	0	0	0	0,428	0,046	0	0	0,129	0,603	0,302	3
11	0	0	0	0	0,818	0,015	0,258	0,102	0,492	1,685	0,843	9
12	0	0	0	0	1,27	0	1,068	0,424	0	2,762	1,381	11
13	0	0	0	0	0,424	0,06	0	0	0,382	0,866	0,433	5
14	0	0	0	0	0	0,015	0,536	0,532	0	1,083	0,542	6
15	0	0	0	0	0	0,061	0	0	0,386	0,447	0,224	2

Таблица 7

Значения терм-множеств функций принадлежности лингвистической переменной E(1)

№ л.б.	R	Ψ	Значения терм-множеств функций принадлежности				
			VH	HG	MD	LW	VL
1	15	109,334	0	0	0	0	1
2	14	30,424	0	0	0	0	1
3	13	15,171	0	0	0	0	1
4	12	3,233	0	0	0	0	1
5	10	0,928	0	0	0	0,288	0,712
6	8	0,642	0	0	0,432	0,568	0
7	7	0,58	0	0	0,68	0,32	0
8	1	0,089	0,644	0,356	0	0	0
9	4	0,316	0	0,736	0,264	0	0
10	3	0,302	0	0,792	0,208	0	0
11	9	0,843	0	0	0	0,628	0,372
12	11	1,381	0	0	0	0	1
13	5	0,433	0	0,268	0,732	0	0
14	6	0,542	0	0	0,832	0,168	0
15	2	0,224	0,104	0,896	0	0	0

Согласно расчетам, выполненным по разработанной методике, лучший рейтинг имеет локомотивная бригада № 8, у которой суммарное значение штрафа составляет 0,089, а уровень профессиональных компетенций оценивается как $VH = 0,644$ («очень хорошо»), $HG = 0,356$ («хорошо»). Данная локомотивная бригада в своей работе допустила за отчетный год восемь фактов нарушений (прочих) при управлении автотормозами и один случай нарушения режима эксплуатации ТПС на 58,035 тыс. км линейного пробега. Наихудшую рейтинговую оценку имеет локомотивная бригада № 1 ($VL = 1$ «очень

плохо»), которая отработала 61,123 тыс. км и допустила событие, связанное с нарушением правил безопасности движения и существенным нарушением технологии эксплуатации железнодорожного подвижного состава в части ошибочных действий, что привело к необходимости оказания технической помощи вспомогательным локомотивом пассажирскому поезду на перегоне.

Заключение

Разработаны критерии оценки качества технологии эксплуатации подвижного состава, и на их основе сформирована рейтинговая оценка соблюдения технологии эксплуатации тягового подвижного состава, внедренная в одном из эксплуатационных локомотивных депо, которая позволяет разработать комплексную программу корректирующих и предупреждающих мероприятий по выполнению требований должностных обязанностей локомотивных бригад, с целью обеспечения безопасности движения и повышения эффективности эксплуатации подвижного состава.

Система анализа и оценки информации средств регистрации параметров движения, диагностики и мониторинга технического состояния локомотива позволяет комплексно и объективно оценивать уровень квалификации локомотивных бригад для обеспечения надежной эксплуатации ТПС и снижения количества внеплановых ремонтов локомотивов по их вине.

Разработанная методика оценки технологии эксплуатации подвижного состава с использованием информации средств объективного контроля, установленных на борту локомотива, реализована в эксплуатационных локомотивных депо Северо-Кавказской дирекции тяги и использована в концепции модели дифференцированного подбора и назначения машинистов локомотивов на рейсы в зависимости от категорий поездов, требований к ним, соблюдения качества и технологии эксплуатации ТПС.

Список литературы

- 1 Принципы управления и развития транспортной инфраструктуры в Российской Федерации / В. Л. Василенок, О. В. Мартыненко, В. В. Негреева, К. Е. Скоробогатко // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия : Экономика и экологический менеджмент. – 2023. – № 3. – С. 100–115. – DOI 10.17586/2310-1172-2023-16-3-100-115.
- 2 **Солоп, И. А.** Комплекс мероприятий, направленных на достижение качества предоставляемых транспортно-логистических услуг в рамках Долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» / И. А. Солоп, Е. А. Чеботарева // Наука и образование транспорту. – 2022. – № 1. – С. 171–175. – EDN UYPRNL.
- 3 **Прокофьева, Е. С.** Единые принципы организации эксплуатационной работы железнодорожных грузовых перевозок / Е. С. Прокофьева, В. В. Панин // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17, № 5 (84). – С. 186–198. – DOI 10.30932/1992-3252-2019-17-5-186-198.
- 4 **Попов, Ю. И.** Развитие локомотивного комплекса. – Текст : электронный / Ю. И. Попов // Материалы заседания секции «Локомотивное хозяйство» Научно-технологического совета ОАО «РЖД», 18 мая 2023 г. – Москва, 2023. Систем. требования PowerPoint. – Доступ из локальной сети Дирекции тяги – филиала ОАО «РЖД».
- 5 **Буйлов, В. Н.** Программа развития человеческого капитала на период до 2025 года в ОАО РЖД / В. Н. Буйлов // Наука и образование : оте-

References

- 1 Principles of management and development of transport infrastructure in the Russian Federation / V. L. Vasilenok, O. V. Martynenko, V. V. Negreeva, K. E. Skorobogatko // Scientific Journal of NRU ITMO. Series : Economics and Environmental Management. – 2023. – No. 3. – P. 100–115. – DOI 10.17586/2310-1172-2023-16-3-100-115.
- 2 **Solop, I. A.** A set of measures aimed at achieving the quality of transport and logistics services provided within the framework of the Long-Term Development Program of JSC Russian Railways / I. A. Solop, E. A. Chebotareva // Science and Education for Transport. – 2022. – No. 1. – P. 171–175. – EDN UYPRNL.
- 3 **Prokofieva, E. S.** Unified principles for organizing operational work in rail freight transportation / E. S. Prokofieva, V. V. Panin // World of Transport. – 2019. – Vol. 17, No. 5 (84). – P. 186–198. – DOI 10.30932/1992-3252-2019-17-5-186-198.
- 4 **Popov, Yu. I.** Development of the locomotive complex. – Text : electronic / Yu. I. Popov // Materials of the meeting of the Locomotive Economy section of the Scientific and technological council of JSC Russian Railways, May 18, 2023. – Moscow, 2023. – PowerPoint System Requirements. – Access from the local network of the Traction Directorate, a branch of JSC Russian Railways.
- 5 **Builov, V. N.** Human Capital Development Program for the Period up to 2025 in JSC Russian Railways / V. N. Builov // Science and Education : Do-

чественный и зарубежный опыт : Пятьдесят третья международная научно-практическая конференция, Белгород, 26 декабря 2022 г. – Белгород : ООО ГиК, 2022. – С. 567–560. – ISBN 978-5-6048799-7-9.

6 Факторный анализ нарушений безопасности движения и отказов технических средств в локомотивном комплексе ОАО «РЖД» за декабрь и 2024 год. – Текст : электронный // Материалы отчета первых заместителей начальников региональных дирекций тяги, 19–20 февраля 2025 г. – Самара, 2025. – Систем. требования PowerPoint. Доступ из локальной сети Дирекции тяги – филиала ОАО «РЖД».

7 Пути развития подвижного состава в рамках цифровизации железнодорожного транспорта / А. Н. Антропов, Т. А. Антропова, С. В. Бушуев [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4 (88). – С. 200–208. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_4_200.

8 **Харченко, П. А.** Проблемы энергоэффективности и безопасности при эксплуатации современного подвижного состава / П. А. Харченко, К. И. Юренко // Транспорт : наука, образование, производство : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 18–21 апреля 2017 г. Т. 1. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2017. – С. 284–288. – EDN YSNZTD.

9 **Харченко, П. А.** Критерии оценки управляющей деятельности машиниста на основе данных бортовых регистраторов параметров движения / П. А. Харченко, К. И. Юренко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России : сборник трудов Всероссийской национальной научно-практической конференции, Ростов на Дону, 01–02 марта 2018 г. Т. 1. – Ростов на Дону : РГУПС, 2018. – С. 91–94. – EDN XZKUMH.

10 **Ремесник, Е. С.** Методы и модели принятия статистических решений в условиях неопределенности : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук : 08.00.13 / Ремесник Елена Сергеевна. – Москва, 2020. – 168 с. – EDN TNWBRC.

11 **Назаров, Д. М.** Интеллектуальные системы : основы теории нечетких множеств : учебное пособие для вузов / Д. М. Назаров, Л. К. Конышева. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 186 с.

12 **Тимофеева, Г. А.** Выбор оптимальных управленческих решений железнодорожного перевозчика с использованием нечеткой логики / Г. А. Тимофеева, А. Д. Хазимуллин // Вестник

mestic and Foreign Experience : Fifty-Third International scientific and practical conference, Belgorod, December 26, 2022. – Belgorod : ООО GiK, 2022. – P. 567–560. – ISBN 978-5-6048799-7-9.

6 Factor Analysis of Traffic Safety Violations and Failures of Technical Equipment in the Locomotive Complex of JSC Russian Railways for December and 2024. – Text : electronic // Materials of the report of the First Deputy Heads of regional traction directorates, February 19–20, 2025. – Samara, 2025. – PowerPoint System Requirements. Access from the local network of the Traction Directorate, a branch of Russian Railways.

7 Ways of rolling stock development within the framework of digitalization of rail transport / A. N. Antropov, T. A. Antropova, S. V. Bushuev [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2022. – No. 4 (88). – P. 200–208. – DOI 10.46973 / 0201-727X_2022_4_200.

8 **Kharchenko, P. A.** Problems of energy efficiency and safety in the operation of modern rolling stock / P. A. Kharchenko, K. I. Yurenko // Transport : science, education, production : proceedings of scientific papers of the International scientific and practical conference, Rostov-on-Don, April 18–21, 2017. Vol. 1. – Rostov-on-Don : RSTU, 2017. – P. 284–288. – EDN YSNZTD.

9 **Kharchenko, P. A.** Criteria for assessing the control activity of a train driver based on data from on-board motion parameter recorders / P. A. Kharchenko, K. I. Yurenko // Actual Problems and Prospects for the Development of Transport, Industry and Economy in Russia : proceedings of the All-Russian national scientific and practical conference, Rostov-on-Don, March 1–2, 2018. Vol. 1. – Rostov-on-Don : RSTU, 2018. – P. 91–94. – EDN XZKUMH.

10 **Remesnik, E. S.** Methods and models of statistical decision-making under uncertainty : dissertation for the degree of candidate of economic sciences : 08.00.13 / Remesnik Elena Sergeevna. – Moscow, 2020. – 168 p. – EDN TNWBRC.

11 **Nazarov, D. M.** Intelligent systems : fundamentals of fuzzy set theory : a textbook for universities / D. M. Nazarov, L. K. Konysheva. – 3rd ed., corrected and added. – Moscow : Yurait, 2024. – 186 p.

12 **Timofeeva, G. A.** Selection of optimal management decisions of a railway carrier using fuzzy logic / G. A. Timofeeva, A. D. Khazimullin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 2 (94). –

Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2 (94). – С. 173–180. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_2_173.
– DOI 10.46973/0201-727X_2024_2_173.

P. A. Kharchenko

**IMPROVEMENT OF THE SYSTEM AND TECHNOLOGY OF ROLLING STOCK OPERATION
BASED ON THE ANALYSIS OF INFORMATION FROM MOTION PARAMETER
REGISTRATION, DIAGNOSTICS AND MONITORING
OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE LOCOMOTIVE**

Abstract. The paper considers the improvement of the system and technology of operation of traction rolling stock based on the analysis of operational data obtained by drivers of various skill levels in the process of locomotive control. To assess the specified data, objective control tools were used – on-board motion parameter recorders, microprocessor control and diagnostic systems, as well as safety and automatic driving devices. A methodology for assessing compliance with the technology of rolling stock operation has been developed and implemented, as well as a rating system for assessing drivers, which made it possible to reduce operational risks and improve the efficiency of rolling stock operation. The method has been implemented in the operational locomotive depots of the North Caucasus Traction Directorate and used in the concept of the model of differentiated selection and assignment of locomotive drivers to trips depending on train categories.

Keywords: traffic safety, reliability, operating technology, rolling stock, locomotive crew, diagnostics and monitoring of technical condition.

For citation: Kharchenko, P. A. Improvement of the system and technology of rolling stock operation based on the analysis of information from motion parameter registration, diagnostics and monitoring of the technical condition of the locomotive / P. A. Kharchenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2025. – No. 1. – P. 201–210. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_1_201.

Сведения об авторах

Харченко Павел Алексеевич
ОАО «Российские железные дороги»,
Дирекция тяги,
заместитель начальника службы
по управлению тяговыми ресурсами
Северо-Западного полигона –
начальник оперативного отдела,
e-mail: Lrk-9@mail.ru

Information about the authors

Kharchenko Pavel Alekseevich
JSC Russian Railways,
Traction Directorate,
Deputy Head of the Traction Resources
Management Service of the North-West Polygon –
Head of the Operations Department,
e-mail: Lrk-9@mail.ru