

Научная статья

УДК 614.841; DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-142-155

УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО ТЯГОВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

✉ Королева Людмила Анатольевна.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.

Мальгин Игорь Геннадьевич.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук,

Санкт-Петербург, Россия

✉ koroleva.l@igps.ru

Аннотация. Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» активно реализует проекты по созданию инновационного, безопасного для окружающей среды и человека, тягового подвижного состава, что хорошо согласуется с целями устойчивого развития. Для эффективного управления, проведения комплексной оценки и обоснования основных направлений развития локомотивной тяги необходимо создание системы сбалансированных экологических показателей. Вопросы обеспечения пожарной безопасности локомотивов остаются актуальными. Цель работы заключается в формировании системы сбалансированных экологических показателей для инновационного тягового железнодорожного подвижного состава с учетом требований пожарной безопасности.

Проведен анализ деятельности крупнейших железнодорожных компаний мира в области экологической безопасности. Представлена концепция сбалансированного экологического развития в области разработки и эксплуатации инновационных локомотивов. Определено, что проблемы охраны окружающей среды рассматриваются отдельно от вопросов обеспечения пожарной безопасности. Представлен анализ понятия «сбалансированного экологического развития». Определена важность критерия «Пожарная безопасность» в системе приоритетов развития тягового подвижного состава. Представлены показатели, учитывающие требования пожарной безопасности. Обоснована целесообразность их включения в систему сбалансированных экологических показателей. Дана их характеристика. Предложена методика расчета эффективности реализации требований экологической и пожарной безопасности для вновь разрабатываемых локомотивов.

Ключевые слова: локомотив, железнодорожная компания, цели устойчивого развития, экологическая безопасность, пожарная безопасность, сбалансированное развитие, система сбалансированных экологических показателей, требования пожарной безопасности

Для цитирования: Королева Л.А., Мальгин И.Г. Учет требований пожарной безопасности при разработке системы сбалансированных экологических показателей для инновационного тягового железнодорожного подвижного состава // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 4 (68). С. 142–155. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-142-155.

Scientific article

CONSIDERATION OF FIRE SAFETY REQUIREMENTS IN THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF BALANCED ENVIRONMENTAL INDICATORS FOR INNOVATIVE TRACTION RAILWAY ROLLING STOCK

✉ **Koroleva Lyudmila A.**

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia.
Malygin Igor G.

Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences,
Saint-Petersburg, Russia

✉ koroleva.l@igps.ru

Abstract. Open Joint Stock Company «Russian railways» is actively implementing projects to create innovative traction rolling stock that is safe for the environment and people, which is in good agreement with the goals of sustainable development. For effective management, comprehensive assessment and justification of the main directions for the development of locomotive traction, it is necessary to create a system of balanced environmental indicators. The issues of ensuring fire safety of locomotives remain relevant. The purpose of the work is to form a system of balanced environmental indicators for innovative traction railway rolling stock, taking into account fire safety requirements.

The analysis of the activities of the world's largest railway companies in the field of environmental safety is carried out. The concept of balanced ecological development in the field of development and operation of innovative locomotives is presented. It is determined that the problems of environmental protection are considered separately from the issues of fire safety. An analysis of the concept of «balanced environmental development» is presented. The importance of the «Fire safety» criterion in the system of priorities for the development of traction rolling stock has been determined. Indicators that take into account fire safety requirements are presented. The expediency of their inclusion in the system of balanced environmental indicators is substantiated. Their characteristics are given. A methodology for calculating the effectiveness of implementing environmental and fire safety requirements for newly developed locomotives is proposed.

Keywords: locomotive, railway company, sustainable development goals, environmental safety, fire safety, balanced development, balanced environmental performance system, fire safety requirements

For citation: Koroleva L.A., Malygin I.G. Consideration of fire safety requirements in the development of a system of balanced environmental indicators for innovative traction railway rolling stock // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere.* 2023. № 4 (68). P. 142–155. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-142-155.

Введение

Проблемы, связанные с негативными изменениями окружающей среды, обусловленные деятельностью предприятий и компаний, авариями, пожарами, чрезвычайными ситуациями, определяют необходимость изменения отношения к природопользованию и перехода общества к устойчивому развитию. Являясь ключевой железнодорожной компанией, крупнейшим перевозчиком в Российской Федерации, открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») занимает лидирующие позиции в достижении целей устойчивого развития (ЦУР), что раскрывается в аспектах экономической устойчивости, социальной стабильности, политике в области охраны окружающей среды (ООС), промышленной и пожарной безопасности (ПБ) [1, 2].

Одним из ведущих звеньев в железнодорожной отрасли, определяющих ритм перевозок, экономический потенциал, качество доставки грузов и пассажиров, является локомотивное хозяйство. На сегодняшний день парк локомотивов требует обновления и модернизации [3, 4]. ОАО «РЖД» активно реализует проекты по созданию инновационного, безопасного для окружающей среды и человека тягового подвижного состава, что в полной мере соответствует ЦУР (рис. 1).

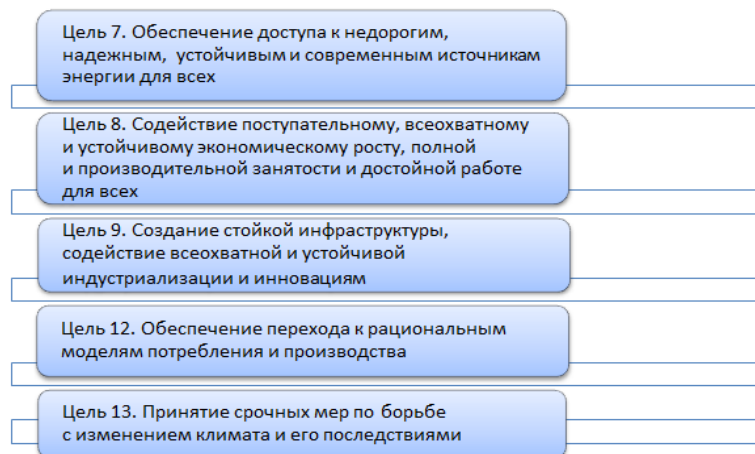


Рис. 1. Достижение ЦУР при создании инновационных локомотивов

При решении экологических проблем, связанных с эксплуатацией тягового подвижного состава, должны быть учтены перспективы развития Компании, экономические, социальные аспекты, значительного внимания требуют вопросы обеспечения безопасности [1–5]. Для эффективного управления, проведения комплексной оценки и обоснования основных направлений развития локомотивной тяги необходимо создание системы сбалансированных экологических показателей (ССЭП). Вопросы обеспечения ПБ локомотивов остаются актуальными [2, 5].

Цель работы заключается в формировании ССЭП для инновационного тягового железнодорожного подвижного состава с учетом требований ПБ.

Анализ деятельности зарубежных железнодорожных компаний в области ООС при разработке и эксплуатации локомотивов

Анализ деятельности зарубежных железнодорожных компаний [6–12] позволил определить критерии достижения экологической эффективности, технологии и инновации в области ООС при разработке и эксплуатации локомотивов (табл. 1).

Среди ключевых трендов, определяющих требования к инновационному тяговому подвижному составу, следует выделить:

- экологическую устойчивость. Ведущие мировые железнодорожные компании активно внедряют меры, направленные на снижение выбросов ПГ, оптимизацию энергопотребления и использование экологически чистых технологий;
- растущий интерес компаний к использованию возобновляемой энергии и альтернативных видов топлива, что стимулирует разработку инновационных локомотивов;
- внедрение цифровых технологий, включая системы мониторинга и управления, что позволяет оптимизировать железнодорожные операции, повысить безопасность и качество транспортных услуг, снизить затраты на обслуживание инфраструктуры.

Эти тренды формируют будущее железнодорожной индустрии и подчеркивают важность экологической устойчивости и инноваций для успешного развития отрасли. Внедрение ССЭП позволит обосновать стратегию и представить алгоритм действий по реализации требований в области ООС и обеспечения пожарной безопасности на всех этапах инновационного процесса разработки и эксплуатации тягового подвижного состава.

Таблица 1

**Критерии достижения экологической эффективности, технологии и инновации
в области охраны окружающей среды при разработке и эксплуатации локомотивов**

Критерии достижения экологической эффективности при разработке и эксплуатации локомотивов	Deutsche Bahn AG (DB) (Германия)	Network Rail (Великобритания)	Union Pacific Railroad (США)	BNSF Railway (США)	China State Railway (Китай)	Indian Railways (Индия)	Amtrak (США)
Снижение выбросов, в том числе парниковых газов (ПГ)	+ CO ₂ и др. ПГ	+ CO ₂ , CH ₄ , NO ₂ и др. ПГ	+ CO ₂ , NO _x и др. ПГ, твердые частицы	+ CO ₂	+ CO ₂ , NO _x и др. ПГ	+ CO ₂ и др. ПГ	+ CO ₂ , NO _x и др. ПГ, твердые частицы
Повышение эффективности использования топлива	+ технология рекуперации энергии при торможении	+	+	+	+	+	+
Увеличение энергоэффективности объектов инфраструктуры	+		+		+		+
Использование возобновляемой энергии в общем энергопотреблении	+ Солнечные и ветряные электростанции, технологии для собственного производства энергии	+ Ветряные, солнечные установки на локомотивах, электростан- ции		+ Солнечная энергия		+ Солнечные, ветряные электростанции	+
Использование альтернативных видов топлива	+ Биотопливо (например, на основе растительного масла не требует вывода из эксплуатации для переоборудования локомотивов). Водород	+ Водородное топливо	+ Биодизель, пропан, сжиженный природный газ (СПГ), водород, двойное топливо (дизель + СПГ)	+ Смеси биодизеля и возобновля- емого дизельного топлива. Водород	+ Снижение зависимости от нефти	+	+

Критерии достижения экологической эффективности при разработке и эксплуатации локомотивов	Deutsche Bahn AG (DB) (Германия)	Network Rail (Великобритания)	Union Pacific Railroad (США)	BNSF Railway (США)	China State Railway (Китай)	Indian Railways (Индия)	Amtrak (США)
Электрификация и гибридные технологии. Электрические и гибридные локомотивы	+ Политика полной электрификации ж/д путей	+	+	+	+	+ Политика полной электрификации	+
Применение дизельных локомотивов с низкими выбросами			+ Низкое содержание серы в топливе, технологии распределенных энергоблоков, каталитическая нейтрализация отработавших газов (ОГ), рециркуляция	+	+ Улучшенные топливные системы, системы рециркуляции и ОГ	+ Переключение на вспомогательную силовую установку меньшей мощности при простое. Прекратила производство новых тепловозов	+
Снижение уровня шума и вибрации	+ Эффективные барьеры из шумопоглощающих материалов, технологии бесшумного торможения	+	+				
Использование легких и прочных материалов	+	+ Композиты и алюминий			+		+
Улучшение аэродинамических характеристик			+				+
Модернизация локомотивного парка и инфраструктуры. Повышение надежности подвижного состава	+		+ Оценка состояния на основе данных о дефектах локомотивов	+	+	+	+

Критерии достижения экологической эффективности при разработке и эксплуатации локомотивов	Deutsche Bahn AG (DB) (Германия)	Network Rail (Великобритания)	Union Pacific Railroad (США)	BNSF Railway (США)	China State Railway (Китай)	Indian Railways (Индия)	Amtrak (США)
Применение эффективных систем управления двигателем и энергопотреблением локомотивов	+	+	+		+	+	+
Улучшение планирования и управления движением,	+	+	+	+	+	+	+
Эффективность использования ресурсов (не энергетических)				+	+		+
Управление отходами. Количество образующихся отходов, их сбор эффективность мер по снижению, объемы переработки и утилизации	+	+	+	+		+	+
Охрана природы и биоразнообразия		+	+	+		+	
Обеспечение безопасности и предотвращение аварий	+	+	+	+	+		+
Повышение экономической эффективности	+	+	+	+	+	+	+

ССЭП как модель управления для достижения экологической и пожарной безопасности для инновационных локомотивов

Система сбалансированных показателей, предложенная Р. Капланом и Д. Нортоном, является наиболее распространенной моделью управления по целям [13]. В большинстве случаев она охватывает четыре направления деятельности компании (финансы, внешние факторы, внутренние бизнес-процессы и персонал), при необходимости может быть дополнена, например, инвестиционными и экологическими составляющими. Целесообразность применения такой системы для достижения устойчивого сбалансированного экологического развития ОАО «РЖД» обосновывается ее основным преимуществом, характеризующимся возможностью расширения информационной базы для принятия управленческих решений.

Отсутствие четкого определения понятия «сбалансированного экологического развития» (рис. 2) определяет различные подходы к его применению [14–17].

Лукьяничев Н.Н., Потравный И.М.	<ul style="list-style-type: none"> • Сбалансированное развитие – развитие, при котором удовлетворение потребностей осуществляется в рамках экологических ограничений, сохранения динамического равновесия между всеми компонентами биосферы, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов и широким вовлечением в хозяйственный оборот отходов производства и потребления
Ильичева Е.В.	<ul style="list-style-type: none"> • Экологическая сбалансированность – это равновесное состояние экологической системы по использованию и восстановлению природных ресурсов, отраженных на счетах бухгалтерского учета
Яценко Н.Е.	<ul style="list-style-type: none"> • Экологический баланс – равновесие между использованием и восстановлением природных ресурсов, между процессами нарушения и восстановления нормальной экологической обстановки
Латыпов Д.Р.	<ul style="list-style-type: none"> • Экологическая сбалансированная система факторов производства – это та, которая не требует привлечения дополнительных ресурсов, компенсирующих недостаток какого-либо из них
Мартынов А.С. и др.	<ul style="list-style-type: none"> • «Сбалансированность» – это гармоничность пространственной и биомассной структуры растительного покрова, видовых комплексов
Пенфильд П.К.	<ul style="list-style-type: none"> • «Сбалансированность» – экологически устойчивая цепочка производственных процессов, которая могла бы слаженно функционировать и быть безвредной для окружающей среды
Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В.	<ul style="list-style-type: none"> • «Сбалансированность» – равновесное сопряжение производственных и экологических процессов не столько принуждает к ограничению входных мощностей, сколько предлагает дополнительный экономический инструмент контроля эффективности производства

Рис. 2. Подходы к определению понятия сбалансированного экологического развития

Однако в целом формирование концепции сбалансированного развития основывается на системе экологических ограничений, обусловленных исчерпанием природных ресурсов, снижением темпов их воспроизводства, ограниченными возможностями ассимиляционной способности окружающей среды [14–17].

Исследования, проведенные в работе [5], позволили определить, что в системе приоритетов развития тягового подвижного состава из восьми представленных критериев критерий «Пожарная безопасность» по своей важности был поставлен экспертами на третье место (рис. 3). Значимость указанного критерия позволяет говорить о целесообразности введения показателей, учитывающих требования ПБ, в ССЭП.

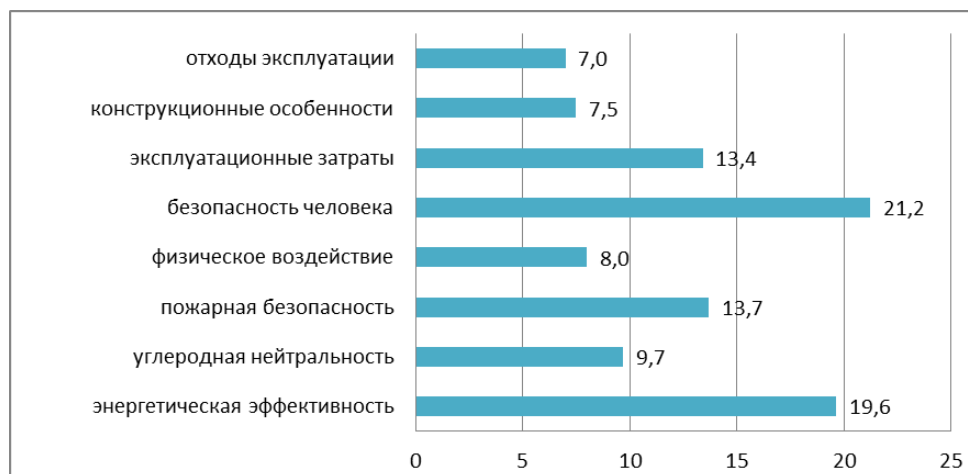


Рис. 3. Значения весов критериев, определяющих направления устойчивого развития локомотивной тяги

Представленная концепция сбалансированного экологического развития ОАО «РЖД» в части разработки и эксплуатации инновационных локомотивов включает четыре направления (рис. 4). Разрабатываемая ССЭП должна обладать следующими свойствами: комплексность, измеримость и уравновешенность ее подсистем.

Характеристики показателей, учитывающих требования ПБ в ССЭП для вновь разрабатываемых локомотивов ОАО «РЖД», приведены в табл. 2. Важным направлением является внедрение НДТ – наилучших доступных технологий.



Рис. 4. Основные направления формирования ССЭП для вновь разрабатываемых локомотивов

Таблица 2

Показатели, учитывающие требования ПБ в ССЭП для вновь разрабатываемых локомотивов

Аспект	Показатель	Единица измерения	Цель
Производство и функционирование (внутренние процессы)			
Материалы	Количество пожаробезопасных материалов в конструкции локомотивов	т/ед. (%/ед.)	Снижение пожарной опасности, повышение надежности
Энергия и топливо	Удельный расход топлива: из возобновляемых источников; невозобновляемых источников	кг/т-км (кВт*ч/ткм)	Повышение энергетической эффективности, снижение пожаровзрывобезопасности топлива
	Пожаровзрывоопасность топлива (определяется показателями пожарной опасности)	зависит от показателя	
Изменение состояния окружающей среды (внешние факторы)			
Углеродная нейтральность	Выбросы ПГ при пожарах	млн т/год	Снижение выбросов парниковых газов при пожарах
	Концентрация ПГ в атмосфере	кг/м ³	
	Сокращение выбросов ПГ от пожаров	%	
Выбросы	Удельные выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух при пожарах	млн т/год	Снижение выбросов ЗВ в атмосферу при пожарах
	Концентрация загрязнителей	кг/м ³	
	Сокращение выбросов ЗВ в атмосферу от пожаров	тыс. т/год, %	
Отходы	Объем пожароопасных отходов	млн т/год	Снижение объемов образующихся пожароопасных отходов
	Сокращение доли пожароопасных отходов	%	
Биологическое разнообразие	Изменение популяций животных вследствие пожаров, повреждение растений	ед.	Сохранение природных экосистем и биоразнообразия
	Изменение урожайности вследствие пожаров	ц/га, %	
Человек	Количество смертельных случаев при пожаре	ед./год	Сохранение здоровья человека
Финансы			
Экономические затраты	Затраты на внедрение НДТ, направленных на повышение ПБ	млн руб.	Снижение экономических потерь, повышение экономической эффективности
	Обеспечение ПБ при строительстве инфраструктуры и получении топлива	млн руб.	
	Затраты, связанные с деятельностью в области ПБ	млн руб.	
Экономическая эффективность	Экономия в результате профилактической деятельности, раннего обнаружения пожара	млн руб.	
Ущерб от пожаров	Ущерб от пожаров	млн руб./год	
Управление и обеспечение безопасности (развитие)			
Внедрение НДТ	Количество внедренных НДТ, направленных на повышение ПБ	ед.	Внедрение пожаробезопасных НДТ
Эффективность мер по обеспечению ПБ	Число достигнутых целевых и плановых показателей	ед.	Повышение экологической эффективности

Аспект	Показатель	Единица измерения	Цель
	Число внедренных мероприятий, направленных на повышение ПБ	ед.	
Отношение с общественностью	Число расследований или замечаний по делам, связанным с пожарами	ед.	Развитие диалога с общественностью в области обеспечения ПБ
Аварийность и безопасность	Частота пожаров и взрывов	1/год	Снижение количества пожаров и взрывов
Обучение персонала	Количество человек, прошедших обучение в области ПБ	ед./год	Обучение и повышение квалификации сотрудников в области ПБ

Для реализации ССЭП и принятия соответствующих управленческих решений необходима качественная учетная информация. Отсутствие методических разработок, сложность определения ряда показателей, представленных в табл. 2, затрудняют проведение оценки локомотивов. Использование знаний экспертов позволит применять накопленную информацию и опыт в данной области и компенсировать указанные ограничения.

Эффективность реализации требований экологической и ПБ для вновь разрабатываемых локомотивов I:

$$I = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n V_i \cdot F_i,$$

где I_i – значение эффективности реализации требований экологической и ПБ по каждому показателю; V_i – вес показателя; F_i – уровень показателя; i – номер показателя; n – общее количество показателей.

Применение Метода анализа иерархий (МАИ) позволяет определить V_i с использованием знаний экспертов, работающих в областях создания и эксплуатации локомотивной тяги, экологической и ПБ. Методика определения весовых значений показателей и преимущества МАИ для оценки локомотивной тяги подробно описаны в работах [3, 5, 18].

Для определения F_i возможны два варианта:

1. $F_i = 1$ при достижении показателем запланированных значений, в противном случае $F_i = 0$.

2. $F_i = 1$ при достижении показателем значений, указанных в инновационном сценарии развития Компании; $F_i = 0,5$ – в консервативном сценарии; $F_i = 0$, если значения, указанные в консервативном сценарии, не достигнуты. Оценка эффективности реализации требований экологической и ПБ для вновь разрабатываемых локомотивов представлена в табл. 3.

Таблица 3

**Оценка эффективности реализации требований экологической и ПБ
для вновь разрабатываемых локомотивов**

Значение I	Эффективность реализации требований экологической и ПБ
0–0,1	Требования не реализуются
0,1–0,3	Очень низкая эффективность реализации требований
0,3–0,5	Низкая эффективность реализации требований
0,5–0,7	Пониженная эффективность реализации требований
0,7–0,9	Достаточная эффективность реализации требований
0,9–1,0	Высокая эффективность реализации требований

Проведенная оценка перспектив развития локомотивной тяги с использованием ССЭП показала, что наибольшая эффективность реализации требований экологической и ПБ в настоящее время в ОАО «РЖД» достигнута при разработке и эксплуатации локомотивов с электрическим двигателем (рис. 5).

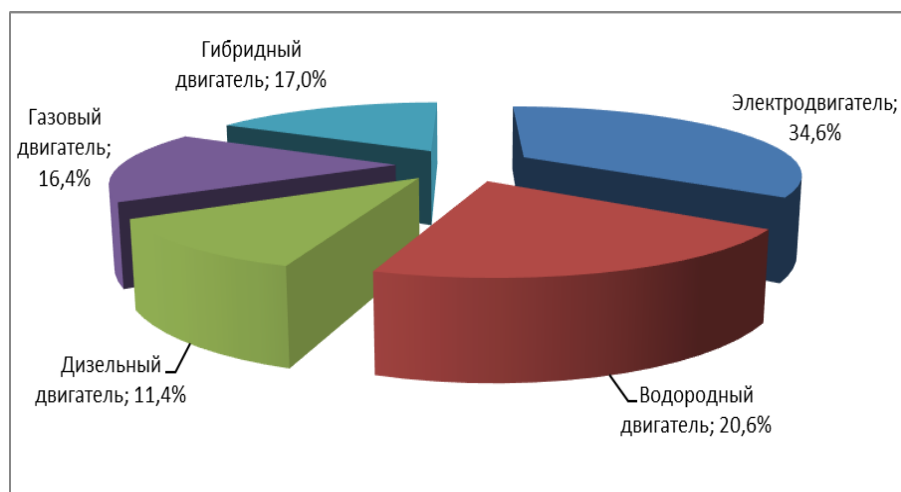


Рис. 5. Результаты определения рейтинга двигателей

Реализация предлагаемой системы позволит расширить информационную базу, оптимизировать затраты на охрану окружающей среды и обеспечение ПБ; снизить экологический и пожарный риск; обеспечивать принятие обоснованных управленческих решений и формировать политику ОАО «РЖД» в области устойчивого развития, отвечающую сложившимся реальным условиям.

Заключение

В работе проведен анализ деятельности крупнейших железнодорожных компаний мира в области экологической безопасности, выявлены критерии достижения экологической эффективности, технологии и инновации в области ООС при разработке и эксплуатации локомотивов.

Обосновано, что для эффективной реализации проектов по созданию инновационного тягового подвижного состава необходима их оценка с использованием ССЭП. Определено, что компания, внедрившая предлагаемую систему, получает стратегию и алгоритм действий на всех этапах инновационного процесса. Принимая во внимание важность решения вопросов обеспечения ПБ, представлены показатели, учитывающие требования ПБ и обоснована целесообразность их включения в ССЭП. Дана их характеристика.

Предложена методика расчета эффективности реализации требований экологической и ПБ для вновь разрабатываемых локомотивов.

Дальнейшие исследования предлагается проводить в направлении совершенствования мониторинга, оценки и прогнозирования фактических значений показателей, включенных в ССЭП.

Список источников

1. Отчет об устойчивом развитии за 2021 г. М.: ОАО «РЖД», 2022.
2. Политика холдинга «РЖД» в области охраны труда и окружающей среды, промышленной и пожарной безопасности: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 21 янв. 2020 г. № 102/р // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 30.10.2023).

3. Королева Л.А., Малыгин И.Г. Использование метода анализа иерархий для экологической оценки локомотивной тяги на водородных топливных элементах // Транспорт: наука, техника, управление. 2023. № 7. С. 18–26.

4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 27 нояб. 2021 г. № 3363-р // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: docs.cntd.ru/document/727294161 (дата обращения: 11.09.2023).

5. Королева Л.А., Ивахнюк Г.К., Малыгин И.Г. Оценка пожарной опасности и перспективы развития локомотивной тяги с использованием системного подхода метода анализа иерархий // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 2 (66). С. 135–147.

6. Официальный сайт компании China State Railway. URL: <http://www.china-railway.com.cn/> (дата обращения: 29.09.2023).

7. Официальный сайт компании Indian Railways. URL: <https://indianrailways.gov.in/> (дата обращения 29.09.2023).

8. Green Transformation at Deutsche Bahn. URL: https://www.deutschebahn.com/en/sustainability/green_transformation-6930166 (дата обращения: 29.09.2023).

9. Network Rail Environmental Sustainability Strategy 2020–2050. URL: <https://www.networkrail.co.uk/wp-content/uploads/2020/09/NR-Environmental-Strategy-FINAL-web.pdf> (дата обращения: 29.09.2023).

10. Our Sustainability Approach: Building a Sustainable Future 2030. Union Pacific. URL: <https://www.up.com/aboutup/esg/index.htm> (дата обращения: 29.09.2023).

11. Официальный сайт компании BNSF Railway. URL: <https://www.bnsf.com/> (дата обращения: 29.09.2023).

12. Amtrak Company Profile – Fiscal Year 2022 // Amtrak. URL: https://www.amtrak.com/content/dam/projects/dotcom/english/public/documents/corporate/nationalfact_sheets/Amtrak-Company-Profile-FY2022-072523.pdf (дата обращения: 07.09.2023).

13. Каплан Р.С., Нортон Д.П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес».

14. G4 Руководство по отчетности в области устойчивого развития. URL: <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Russian-G4-Part-Two.pdf> (дата обращения: 08.08.2023).

15. Левина Е.И. Понятие «Устойчивое развитие». Основные положения концепции // Вестник ТГУ. 2009. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-ustoychivoe-razvitiie-osnovnye-polozeniya-kontseptsii> (дата обращения: 17.09.2023).

16. Голубицкий Б.И., Васильев Д.Е. Система сбалансированных показателей Каплана-Нортон: международный опыт для отечественных компаний // Российский внешнеэкономический вестник. 2009. № 10. С. 44–51.

17. Ильичева Е.В. Теория и методология экологического учета экологической сбалансированности: дис. ... д-ра экон. наук. Орел: ГОУВПО ОГУ, 2010.

18. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1991.

References

1. Otchet ob ustojchivom razvitii za 2021 g. M.: OAO «RZHD», 2022.
2. Politika holdinga «RZHD» v oblasti ohrany truda i okruzhayushchej sredy, promyshlennoj i pozharnoj bezopasnosti: utv. rasporyazheniem OAO «RZHD» ot 21 yanv. 2020 g. № 102/r // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoj dokumentacii. URL: <https://docs.cntd.ru/> (data obrashcheniya: 30.10.2023).

3. Koroleva L.A., Malygin I.G. Ispol'zovanie metoda analiza ierarhij dlya ekologicheskoy ocenki lokomotivnoj tyagi na vodorodnyh toplivnyh elementah // *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*. 2023. № 7. S. 18–26.
4. Transportnaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 27 noyab. 2021 g. № 3363-r // *Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii*. URL: docs.cntd.ru/document/727294161 (data obrashcheniya: 11.09.2023).
5. Koroleva L.A., Ivahnyuk G.K., Malygin I.G. Ocenka pozharnoj opasnosti i perspektivy razvitiya lokomotivnoj tyagi s ispol'zovaniem sistemnogo podhoda metoda analiza ierarhij // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2023. № 2 (66). S. 135–147.
6. Oficial'nyj sajt kompanii China State Railway. URL: <http://www.china-railway.com.cn/> (data obrashcheniya: 29.09.2023).
7. Oficial'nyj sajt kompanii Indian Railways. URL: <https://indianrailways.gov.in/> (data obrashcheniya 29.09.2023).
8. Green Transformation at Deutsche Bahn. URL: https://www.deutschebahn.com/en/sustainability/green_transformation-6930166 (data obrashcheniya: 29.09.2023).
9. Network Rail Environmental Sustainability Strategy 2020–2050. URL: <https://www.networkrail.co.uk/wp-content/uploads/2020/09/NR-Environmental-Strategy-FINAL-web.pdf> (data obrashcheniya: 29.09.2023).
10. Our Sustainability Approach: Building a Sustainable Future 2030. Union Pacific. URL: <https://www.up.com/aboutup/esg/index.htm> (data obrashcheniya: 29.09.2023).
11. Oficial'nyj sajt kompanii BNSF Railway. URL: <https://www.bnsf.com/> (data obrashcheniya: 29.09.2023).
12. Amtrak Company Profile – Fiscal Year 2022 // Amtrak. URL: https://www.amtrak.com/content/dam/projects/dotcom/english/public/documents/corporate/national_factsheets/Amtrak-Company-Profile-FY2022-072523.pdf (data obrashcheniya: 07.09.2023).
13. Kaplan R.S., Norton D.P. Sbalansirovannaya sistema pokazatelej. Ot strategii k dejstviyu. M.: ZAO «Olimp-Biznes».
14. G4 Rukovodstvo po otchetnosti v oblasti ustojchivogo razvitiya. URL: <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Russian-G4-Part-Two.pdf> (data obrashcheniya: 08.08.2023).
15. Levina E.I. Ponyatie «Ustojchivoe razvitie». Osnovnye polozheniya koncepcii // *Vestnik TGU*. 2009. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-ustoychivoe-razvitie-osnovnye-polozheniya-kontseptsii> (data obrashcheniya: 17.09.2023).
16. Golubickij B.I., Vasil'ev D.E. Sistema sbalansirovannyh pokazatelej Kaplana-Nortona: mezhdunarodnyj opyt dlya otechestvennyh kompanij // *Rossijskij vneshneekonomicheskij vestnik*. 2009. № 10. S. 44–51.
17. Il'icheva E.V. Teoriya i metodologiya ekologicheskogo ucheta ekologicheskoy sbalansirovannosti: dis. ... d-ra ekon. nauk. Orel: GOUVPO OGTU, 2010.
18. Saati T., Kerns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizaciya sistem: per. s angl. R.G. Vachnadze. M.: Radio i svyaz', 1991.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 07.11.2023; одобрена после рецензирования: 16.11.2023; принята к публикации: 18.11.2023

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 07.11.2023; approved after review: 16.11.2023; accepted for publication: 18.11.2023

Информация об авторах:

Королева Людмила Анатольевна, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, доцент, e-mail: koroleva.l@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5661-5774>, SPIN-код: 6101-9772

Малыгин Игорь Геннадьевич, директор Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия В.О., д. 13), доктор технических наук, профессор, e-mail: malygin_com@mail.ru, SPIN-код: 7602-1628

Information about the authors:

Koroleva Lyudmila A., professor of the department of fire, rescue equipment and automobile economy of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, associate professor, e-mail: koroleva.l@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5661-5774>, SPIN: 6101-9772

Malygin Igor G., director of the N.S. Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences (199178, Saint-Petersburg, 12th line V.O., 13), doctor of technical sciences, professor, e-mail: malygin_com@mail.ru, SPIN: 7602-1628