

УДК 338.24.01

*Л. И. Чернышова*ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения,
Екатеринбург, e-mail: Lida_chern@mail.ru**ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ**

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, электрическая тяга, энергоэффективность, факторный анализ, топливно-энергетические ресурсы, качественные показатели, подвижной состав, непроизводительные затраты, рекуперация энергии.

В настоящее время вопросу снижения расходов в ОАО «РЖД» уделяется особое внимание, в частности, значительная роль отводится снижению потребления энергоресурсов и повышению энергоэффективности отрасли. Для оценки потребления топливно-энергетических ресурсов и разработки управленческих решений, направленных на оптимизацию энергозатрат, необходимо проводить всесторонний и регулярный анализ факторов, влияющих на величину потребления энергоресурсов. Базой исследования послужили разработки как отечественных, так и зарубежных ученых в данной научной сфере, а также методы факторного анализа показателей энергоэффективности тяги поездов. На основании статистических данных деятельности одного из полигонов железных дорог за 2018-2020 годы проведен анализ факторов, влияющих на расход электроэнергии на тягу поездов, что дает основание для реализации организационно-технических мероприятий, направленных на снижение энергозатрат холдинга. В статье выявлены направления обеспечения экономии энергоресурсов с целью повышения энергоэффективности ОАО «РЖД».

L. I. Chernishova

Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, e-mail: Lida_chern@mail.ru

**FACTOR ANALYSIS OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION
FOR TRAINING TRAINS**

Keywords: railway transport, electric traction, energy efficiency, factor analysis, fuel and energy resources, quality indicators, rolling stock, non-productive costs, energy recovery.

At present, Russian Railways pays special attention to the issue of cost reduction, in particular, a significant role is given to reducing energy consumption and increasing the energy efficiency of the industry. To assess the consumption of fuel and energy resources and develop management decisions aimed at optimizing energy costs, it is necessary to conduct a comprehensive and regular analysis of the factors affecting the amount of energy consumption. The research was based on the developments of both domestic and foreign scientists in this scientific field, as well as methods of factor analysis of indicators of energy efficiency of train traction. Based on the statistical data on the activities of one of the railway landfills for 2018-2020, an analysis of the factors affecting the consumption of electricity for traction of trains was carried out, which provides a basis for the implementation of organizational and technical measures aimed at reducing the energy consumption of the holding. The article identifies the directions of ensuring energy savings in order to improve the energy efficiency of Russian Railways.

Необходимость более интенсивной интеграции российской экономики в мировую экономику в условиях процессов ее глобализации, изменения традиционных хозяйственных связей стран мира поставили перед Россией ряд задач, связанных, в том числе, с использованием всех аспектов потенциала повышения конкурентоспособности ее экономики, а также минимизации последствий экономического кризиса. Одним из таких аспектов является повышение энергетической эффективности [1].

Железнодорожным транспортом потребляется около 1% всей энергии в мире, что составляет более 2% энергии, используемой транспортным сектором.

В компании ОАО «РЖД» в условиях современной экономики особую важность приобретают вопросы снижения затрат, поскольку именно их минимизация может являться фактором увеличения прибыли, следовательно, грамотное управление затратами будет способствовать повышению эффективности деятельности [2].

Так как в структуре производственных издержек ОАО «РЖД» значительную долю занимают топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) на тягу поездов, то одним из направлений снижения затрат будет являться их более качественное использование.

В настоящее время вопрос оценки технико-экономической эффективности использования ТЭР на тягу поездов является весьма актуальным с точки зрения их рационального использования, при этом, в научной литературе недостаточно подходов к обоснованию степени влияния различных факторов на величину расхода ТЭР.

Вместе с тем, необходимо уделять пристальное внимание данному вопросу для всестороннего контроля за рациональным использованием ТЭР и своевременному выявлению «узких мест», приводящих к возникновению непроизводительных потерь.

В системе управления предприятием транспортной отрасли важное место должно уделяться анализу показателей его деятельности, поскольку на основе глубокого и всестороннего анализа результатов хозяйственной деятельности возможно принятие верного управленческого решения в части снижения себестоимости перевозок и, как следствие, повышения эффективности деятельности ОАО «РЖД» в целом.

Наиболее важные параметры, оказывающие влияние на величину потребления электроэнергии являются тип поезда,

скорости движения, количество остановок поезда, применение рекуперации энергии, рациональные приемы ведения поезда [3,4,5,6,7].

Одной из ведущих задач аналитической деятельности является определение причинно-следственных связей между причинами (факторами) и результатами деятельности. Величина (изменение) результативного показателя находится в зависимости (прямой или обратной) от изменения влияющих на него факторов. Чем больше количество учтенных факторов, тем более качественный получается результат анализа. При этом, процесс выполнения анализа должен быть эффективным – результат от проведения анализа должен превышать затраты на его проведение.

Затраты на электроэнергию на тягу поездов занимают значительную долю в структуре затрат железных дорог, поэтому важным является проведение анализа степени влияния факторов на расход электроэнергии на тягу поездов и, как следствие, поиск резервов по их оптимизации.

Данные для проведения анализа взяты на примере одного из полигонов сети железных дорог.

Снижение потребления электроэнергии на тягу поездов (без учета моторвагонного подвижного состава) на полигоне железной дороги за период с 2018 по 2020 годы составило 2,15% или 68,66 млн кВтч (таблица).

Динамика показателей расхода электроэнергии

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020/2018 гг., +/-	2020/2018 гг., %
Грузооборот, млрд т-км брутто	321,08	313,46	318,31	2,77	99,14
Удельный расход, кВтч /10 тыс. т-км брутто	99,64	100,24	98,35	-1,29	98,7
Абсолютный расход, млн кВтч.	3199,24	3142,12	3130,58	-68,66	97,85

Проведем анализ влияния факторов на изменение абсолютного расхода электроэнергии в 2020 г., анализ будем проводить методом абсолютных разниц:

$$\text{Абс.р}(v) = (v_{2020} - v_{2018}) \cdot \text{Уд.расх}_{2018} : 10 = -2,77 \cdot 99,64 : 10 = -27,6 \text{ млн кВтч} \quad (1)$$

$$\text{Абс.р}(уд.р) = (\text{Уд.расх}_{2020} - \text{Уд.расх}_{2018}) \cdot v_{2020} : 10 = -1,29 \cdot 318,31 : 10 = -41,06 \text{ млн кВтч} \quad (2)$$

где v_{2020} и v_{2018} – грузооборот полигона железной дороги при электротяге в 2020 и 2018 годах, млрд т-км брутто;

Уд.расх_{2020} и Уд.расх_{2018} – величина удельного расхода электроэнергии в 2020 и 2018 годах, кВтч/10 тыс. т-км брутто.

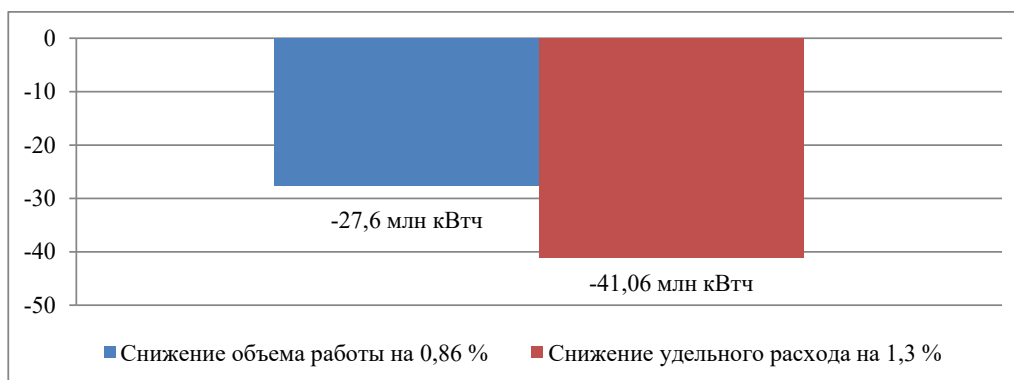


Рис. 1. Степень влияния факторов на изменение абсолютного расхода электроэнергии на тягу поездов

Таким образом, наибольшее влияние на снижение абсолютного расхода электроэнергии на тягу поездов оказало снижение удельного расхода электроэнергии на 1,3%, снижение тонно-километровой работы оказало меньшее влияние на снижение абсолютного расхода электроэнергии (рисунок 1).

Поскольку удельный расход электроэнергии на тягу поездов оказал большее влияние, то на следующем этапе необходимо провести анализ факторов, непосредственно влияющих на него. В частности, на изменение удельного расхода электроэнергии на тягу поездов оказывают влияние следующие факторы:

1. Качественные показатели использования подвижного состава (средняя масса поезда, средняя нагрузка на ось вагона, средняя техническая скорость, коэффициент участковой скорости, доля порожнего пробега вагонов).
2. Перераспределение объема перевозочной работы по видам и направлениям движения.
3. Структура эксплуатируемого парка тягового подвижного состава (ТПС).
4. Объем энергии рекуперации
5. Температура атмосферного воздуха.
6. Непроизводительные затраты (количество задержек у запрещающего сигнала светофоров, количество неграфиковых остановок, количество случаев проследования мест с ограничением скорости, время нагона опоздания поездов) [8], [9], [10], [11].

Проведенный анализ позволил определить степень влияния показателей перевозочного процесса на расход электрической энергии, что отражено в виде диаграммы Исикавы (рисунок 2).

На рисунках 3 и 4 представлена структура влияния факторов на изменение расхода электроэнергии.

На увеличение расхода электроэнергии на тягу поездов наибольшее влияние оказало снижение нагрузки на ось грузового вагона и увеличение непроизводительных затрат, в свою очередь, на снижение расхода электроэнергии наибольшее влияние оказало перераспределение объема перевозок по видам движения и направлениям, а также снижение доли порожнего пробега грузового вагона.

Проведенный факторный анализ расхода электроэнергии на тягу поездов позволил определить «узкие места», для ликвидации которых необходимо проведение ряда организационно-технических и инвестиционных мероприятий.

Определение факторов и степени их влияния на расход топливно-энергетических ресурсов дает возможность своевременно корректировать показатели хозяйственной деятельности, осуществлять поиск внутренних резервов с целью повышения эффективности функционирования ОАО «РЖД».

В ОАО «РЖД» ведется регулярная работа по изысканию резервов снижения расхода топливно-энергетических ресурсов, но, стоит отметить, что в настоящий момент наблюдается тенденция к их сокращению. Несмотря на это, темп снижения энергоемкости производственной деятельности достаточно стабилен, что связано с ростом инвестиционных вложений компании в энергосберегающую деятельность, в частности внедрение в эксплуатацию современных видов тягового подвижного состава, которые экономичнее прежних видов локомотивов

на 10-15%, а также установка на электро-возах инновационного оборудования, позволяющего снизить расход электроэнергии на тягу поездов и улучшить учет энергоресурсов [12], [13]. Кроме того, требуется модернизация объектов инфраструктуры,

а именно модернизация устройств железнодорожной автоматики и телемеханики с целью повышения качества управления движением, усиление системы тягового электроснабжения, а также модернизация и развитие путевой инфраструктуры.



Рис. 2. Влияние показателей на расход электроэнергии

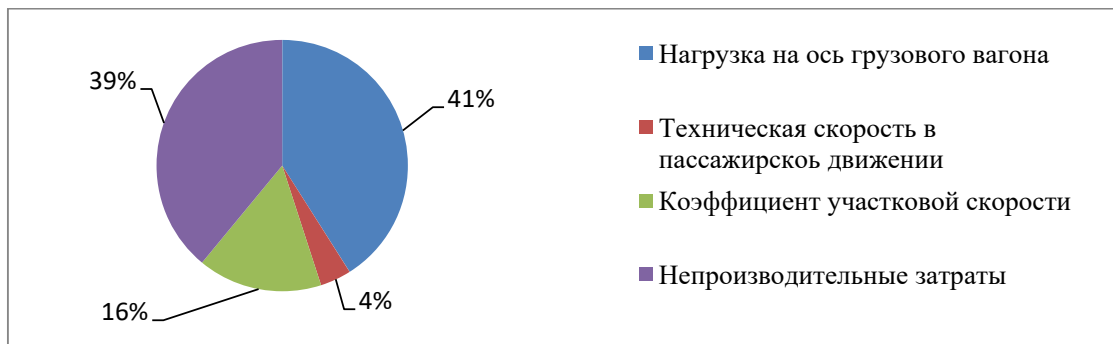


Рис. 3. Структура влияния факторов на увеличение расхода электроэнергии

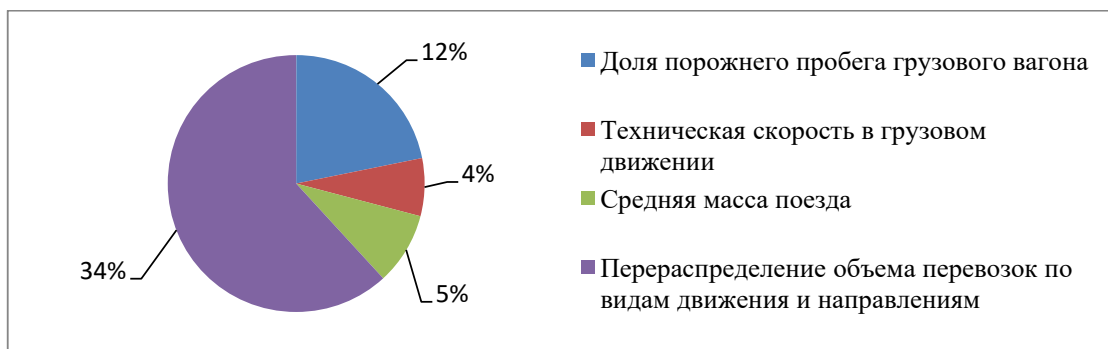


Рис. 4. Структура влияния факторов на снижение расхода электроэнергии

Реализация инвестиционных проектов, направленных на обновление основных средств, используемых в перевозочном процессе, позволит снизить количество отказов технических средств и технологических нарушений, что в свою очередь повлияет на снижение количества задержек поездов из-за непредусмотренных графиком движения остановок и снижение времени нагона опозданий пассажирских и пригородных поездов. Снижение непроизводительных затрат приведет к экономии расхода энерго-ресурсов на тягу поездов.

Повышение качества использования подвижного состава, в частности, увеличение нагрузки на ось грузового вагона, позволяет сократить пробеги подвижного состава и его потребный парк, улучшить поездную

обстановку и, как следствие, снизить затраты топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов.

Таким образом, эффективное управление топливно-энергетическими ресурсами должно быть построено на всестороннем и комплексном подходе – важна не только слаженная работа структурных подразделений ОАО «РЖД», но и участие пользователей инфраструктуры (грузовладельцев и операторов подвижного состава). Внедрение ресурсосберегающих технологий и качественное взаимодействие всех участников перевозочного процесса будет способствовать снижению себестоимости железнодорожных перевозок и улучшению финансового результата деятельности холдинга.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия Холдинга Российские железные дороги на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от «15» декабря 2011 г. № 2718р. URL: http://www.rzd-expo.ru/doc/Energ_Strateg_new.pdf (дата обращения: 08.11.2021).
2. Афанасьева Н.А., Чернышова Л.И. Минимизация производственных потерь как фактор повышения экономической эффективности железнодорожной отрасли // Организационно-экономические и социальные проблемы и перспективы развития транспортной отрасли. 2018. С. 117-121.
3. Ren Ju., Zhang Q., Liu F. Analysis of factors affecting traction energy consumption of electric multiple unit trains based on data mining // Journal of Cleaner Production. 31 March 2020. Volume 262. (дата обращения: 20.07.2020).
4. Jia Xie, Jie Zhang, Ding Jun. Passenger and energy-saving oriented train timetable and stop plan synchronization optimization model Transportation Research Part D: Transport and Environment. 14 July 2021. Volume 98 (дата обращения: 15.09.2021).
5. Yan-Zhe Wang, Sheng Zhou, Xun-Min Ou. Development and application of a life cycle energy consumption and CO2 emissions analysis model for high-speed railway transport in China Advances in Climate Change Research. 13 February 2021. Volume 12. Issue 2. P. 270-280 (дата обращения: 10.04.2021).
6. Scheepmaker G.M., Goverde R.M.P. Energy-efficient train control using nonlinear bounded regenerative braking Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 16 November 2020. Volume 121 (дата обращения: 18.12.2020).
7. Hujun Peng, Yuejie Chen, Kay Hameyer. Co-optimization of total running time, timetables, driving strategies and energy management strategies for fuel cell hybrid trains eTransportation. 16 July 2021. Volume 9 (дата обращения: 16.08.2021).
8. Криворотова В.В., Кудряшов А.Н., Коваль Т.В. Повышение энергоэффективности перевозочного процесса посредством снижения непроизводительных потерь на тягу поездов // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 3. С. 85-90.
9. Сидорова Е.А., Подгорная С.О. Определение основного удельного сопротивления движению поезда при анализе энергопотребления электровозами // Транспорт Урала. 2020. № 1. С. 80-84.
10. Методика анализа и прогнозирования расхода ТЭР на тягу поездов. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от «26» декабря 2014 г. № 512.
11. Сидорова Е.А., Железняк С.П., Подгорная С.О. Организация информационного обеспечения системы анализа энергопотребления на тягу поездов // Научный взгляд в будущее. 2017. Т. 1. № 6. С. 89-94.
12. Гапанович В.А. Перспективные направления повышения энергетической эффективности ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2008. № 8. С. 3-7.
13. Редакция годового отчета ОАО «РЖД» за 2020 год по итогам утверждения Правительством Российской Федерации (распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 июня 2021 г. №1786-р). URL: <https://ar2020.rzd.ru/ru/sustainable-development/energy-efficiency-conservation> (дата обращения: 10.11.2021).