

машиниста не зависит отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы, не принимается. Такой вывод подтверждает целесообразность нормирования расхода топлива на поездку и стимулирования топливосбережения машинистами.

Исследование значимости влияния локомотива на расход топлива за поездку также позволяет сделать вывод о значимости фактора «локомотив», а также о том, что регрессионная модель значительно лучше учитывает особенности условий эксплуатации магистральных локомотивов. Причем, однажды составленная регрессионная модель расхода топлива остается пригодной для оценки квалификации машиниста и технического состояния локомотива на протяжении достаточно длительного периода (в рассмотренном нами случае более 4 лет).

Одновременно можно утверждать, что применяемая в настоящее время методика нормирования расхода топлива на поездку не позволяет адекватно оценивать ни квалификацию машиниста, ни техническое состояние локомотива, а следовательно, не выполняет свою основную функцию.

Результаты исследования для пассажирского движения практически не отличаются от приведенных выше результатов, полученных для грузового движения.

УДК 629.41

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСХОДА ТОПЛИВА МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТЕПЛОВОЗАМИ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, Б. С. ФРЕНКЕЛЬ

Белорусский государственный университет транспорта

Сохранность дизельного топлива, стоимость которого составляет значительную часть в эксплуатационных расходах локомотивного хозяйства, требует совершенной системы учета, исключающей неконтролируемое его использование. Для проведения исследований, направленных на совершенствование системы учета дизельного топлива в локомотивном депо, необходима информация о наличии топлива на складе и в баке каждого тепловоза в любой момент времени. Поскольку получить такую информацию в реальных условиях эксплуатации подвижного состава практически невозможно, возникла потребность в создании математической модели, воспроизводящей приход на склад, экипировку и расход дизельного топлива тепловозами. Наиболее сложной с точки зрения моделирования является формализация процесса расхода топлива магистральными тепловозами. На кафедре «Тепловозы и тепловые двигатели» БелГУТа нами разработана математическая модель расхода топлива магистральными тепловозами. Модель строится для локомотивного депо с произвольным числом и протяженностью тяговых плеч. При моделировании приняты следующие допущения:

- схема тяговых плеч имеет звездообразную форму, в центре которой находится основное депо, а на периферии – оборотные;
- парк магистральных тепловозов составляют тепловозы одной серии, например, 2ТЭ10У, как самые распространенные грузовые локомотивы на Белорусской железной дороге;
- заправка тепловозов дизельным топливом производится только в основном депо;
- любой локомотив, готовый к поездке, может с равной вероятностью уйти в поездку и остаться в депо;
- выбор тягового плеча, на которое отправляется очередной локомотив, совершается в соответствии с равномерным законом распределения, т. е. равновероятен, но может быть задана и различная вероятность выбора для отдельных плеч.

Математическая модель расхода топлива магистральными тепловозами построена как имитационная модель, основанная на событийном методе. Согласно этому методу в каждый момент времени любой тепловоз может находиться в одном из четырех состояний: простой в депо, в поездке, экипировка в основном депо, техническое обслуживание или ремонт (ТО-2, ТО-3, ТР-1, ТР-2, ТР-3 и КР-1).

Переход в каждое из этих состояний происходит при наступлении определенных событий. Из состояния простоя возможен переход в любое из вышеописанных состояний, в остальных случаях – только в состояние простоя.

Модель детерминирована по времени с шагом Δt . Этот шаг выбирается таким образом, чтобы он был гораздо меньше любого из периодов между техническими осмотрами или ремонтами.

Количество топлива в баке тепловоза в любой момент времени определяется в соответствии с выражением

$$B_0 = B_0^i - e_m \Delta S, \quad (1)$$

где B_0^i – количество топлива в баке в начале текущего шага изменения времени Δt , кг; e_m – удельный расход топлива, кг/10⁴ т·км; ΔS – пробег за время шага изменения времени Δt , км.

Удельный расход топлива на единицу работы определяется, например, в соответствии с выражением

$$e_r = k_0 + \frac{k_1}{q_0} + \frac{k_2}{QS} + \frac{k_3}{Q} + k_4 v_y, \quad (2)$$

где k_i – коэффициенты пропорциональности; q_0 – осевая нагрузка, т/ось; Q – масса поезда, т; S – пробег, км; v_y – участковая скорость.

Выражение (2) получено как регрессионная модель в результате обработки данных из маршрутных листов машиниста [1].

Значения осевой нагрузки, числа осей и участковой скорости генерируются как случайные числа, величина которых подчиняется закону распределения, полученному в результате обработки маршрутных листов одного из локомотивных депо Белорусской ж.д.

Описанная модель реализована на персональном компьютере с помощью системы MATLAB.

В результате моделирования получают базу данных с информацией о поездках, в которую включены: номер тепловоза; направление поездки (наименование тягового плеча); виртуальные дата и время отправления и прибытия; пробег тепловоза, км; масса поезда, т; осевая нагрузка, т/ось; количество топлива в баке тепловоза в начале и в конце каждой поездки.

Исследования модели и сопоставление полученных результатов с данными о реальных поездках показали адекватность результатов, полученных на модели, данным из маршрутных листов.

Представленная модель может быть использована для исследований, направленных на совершенствование системы измерения и учета дизельного топлива. Так, генерируя в соответствии с требуемым законом распределения, например нормальным с заданными параметрами, случайное значение погрешности измерения количества топлива в баке тепловоза, можно исследовать и оценивать влияние методов и средств измерения на ошибку измерения, а следовательно, и учета расхода дизельного топлива магистральными тепловозами. Используя метод балансов, можно выявить «узкие места», т. е. те места, где совершенствование системы наиболее актуально, а следовательно, может дать наибольший эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Френкель С. Я. Исследование значимости машиниста и локомотива как фактора, определяющего расход топлива магистральным тепловозом // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте: Труды IV науч.-практ. конф. – М.: МИИТ, 2001. – С.398.

УДК 629.2.065.3:629.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЁТА И НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ЛОКОМОТИВНОМ ДЕПО

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, Б. С. ФРЕНКЕЛЬ, А. П. ХОРОШУН

Белорусский государственный университет транспорта

Совершенствование системы учёта и нормирования расхода дизельного топлива в локомотивном депо является одним из эффективных путей топливосбережения. Для выбора пути совершенствования указанной системы необходим ее анализ. Одним из важных элементов этой работы является составление и анализ энергетических (топливных) балансов [1].

Термин «энергетический баланс» выражает полное количественное соответствие в данный момент времени между приходом и расходом энергии, включая изменение запасов энергетических ресурсов. Таким образом, в соответствии с принятой терминологией энергетический баланс – это система показателей, отражающая полное количественное соответствие между приходом и расходом