

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛИЯНИЯ НОРМООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЗОВ

*С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, А. П. ДЕДИНКИН, В. А. КУНЕЦ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*К. А. ТКАЧУК*  
*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Нормы расхода топлива в рассматриваемом периоде времени (месяц, квартал, год) для подразделений локомотивного хозяйства определяют, как правило, путем корректировки величины фактического расхода топлива для выбранного вида движения в соответствующем периоде предыдущего года, принимаемого за базовый. Корректировку расхода топлива выполняют в соответствии с величиной и направлением изменения средних значений нормообразующих факторов. Количественную связь между изменением удельного расхода топлива (расхода на измеритель работы) и изменением эксплуатационных факторов, называемых также нормообразующими факторами, определяют коэффициенты влияния в соответствии с выражением

$$e = e^{\delta} + \sum_1^n k_i (x_i - x_i^{\delta}), \quad (1)$$

где  $e$  – планируемый удельный расход топлива;  $e^{\delta}$  – фактический удельный расход топлива в базовом периоде;  $k_i$  – коэффициент влияния  $i$ -го фактора;  $x_i, x_i^{\delta}$  – значения  $i$ -го нормообразующего фактора соответственно в нормируемом и в базовом периоде [1].

При расчетах нормы расхода топлива в соответствии с выражением (1) на точность прогноза очень сильно влияет объективность выбора коэффициентов влияния. Следует отметить, что методика расчета коэффициентов влияния нормообразующих факторов, изложенная в [1], достаточно сложна. Практика показала значительную трудоемкость расчета и далеко не всегда приемлемую адекватность норм, определяемых в соответствии с указанной методикой.

Авторами предложено для определения численных значений коэффициентов влияния нормообразующих факторов с учетом реальных условий эксплуатации подвижного состава строить регрессионную модель отклонения удельного расхода топлива. Для построения регрессионной модели принимают фактические значения нормообразующих факторов и расхода топлива по всем подразделениям за период от трех и более лет, предшествующих нормируемому. Эти значения выбирают из соответствующих форм статистической отчетности и заносят в таблицы исходных данных. Такой подход реализован в действующей на Белорусской железной дороге методике [2].

При определении отклонения удельного расхода топлива в грузовом движении можно, например, рассматривать влияние следующих нормообразующих факторов: масса состава  $Q_{\text{ср}}$ , т; техническая скорость движения  $v_{\text{т}}$ , км/ч; участковая скорость движения  $v_{\text{у}}$ , км/ч; осевая нагрузка вагона  $q_{\text{о(ср)}}$ , т/ось; доля порожнего пробега вагонов  $K_{\text{пор}}$ , %; доля работы в транзитном движении  $K_{\text{тр}}$ , %.

Для учета влияния низких температур наружного воздуха на расход дизельного топлива (1-й и 4-й кварталы) необходимо норму удельного расхода топлива умножить на температурный коэффициент [2]. При этом норма расхода дизельного топлива определяется по формуле

$$e = K_t (e^{\delta} + \sum_1^n k_i (x_i - x_i^{\delta})), \quad (2)$$

где  $K_t$  – температурный коэффициент.

Температурный коэффициент вычисляют в соответствии с выражением

$$K_t = 1 + (0.00032\Theta - 0.0046)(t_{\text{н}} - t_{\delta}), \quad (3)$$

где  $t_n$  – средняя температура воздуха в нормируемом периоде, °C;  $t_6$  – средняя температура воздуха в базовом периоде, °C;  $\Theta = \frac{t_n - t_6}{2}$ .

Нормирование по другим видам движения выполняют аналогично грузовому, но при этом для каждого вида движения составляют свой список нормообразующих показателей.

Предложенная методика включена в стандарт организации СТП БЧ 17.217–2012 устанавливает порядок расчета удельного потребления дизельного топлива на тягу поездов, определяет техническую норму и плановую потребность дизельного топлива на заданные объемы перевозок по видам движения подразделений локомотивного хозяйства Белорусской железной дороги, выявляет влияние основных нормообразующих факторов.

Недостаток как одного, так и другого подхода заключается в том, что изменение удельного расхода топлива вследствие изменения  $i$ -го нормообразующего фактора  $\Delta e_i = k_i \Delta x_i$  вычисляют по изменению среднего за рассматриваемый период его значения. Вместе с тем одно и то же среднее значение, например, массы состава за рассматриваемый период может складываться из разных масс поездов [3]. Поэтому даже если среднее значение массы состава не изменилось, значение удельного расхода топлива в прогнозируемом периоде может измениться под влиянием другого вида распределения массы.

Для повышения качества прогнозирования удельного расхода топлива целесообразно рассматривать изменение не среднего для всего диапазона изменения нормообразующего показателя значения, а, разбив весь диапазон на отдельные интервалы, изменение среднего значения нормообразующего показателя для каждого интервала. В этом случае для вычислений требуется значение коэффициента влияния для каждого интервала. То есть целесообразно построить функцию влияния для каждого из рассматриваемых нормообразующих показателей, которая позволит рассчитывать значение коэффициента влияния для любого значения нормообразующего фактора.

Для построения выражений, позволяющих вычислять значения коэффициентов влияния некоторых нормообразующих факторов, можно использовать информацию, содержащуюся в базе данных автоматизированной системы интегрированной обработки маршрутов машиниста (АС ИОММ). Так, при построении полей рассеяния для массы состава, нагрузки на ось влияние этих факторов на удельный расход топлива становится очевидным [4]. Построив линию тренда и продифференцировав уравнение, описывающее эту линию, можно получить выражение для зависимости соответствующего коэффициента влияния от нормообразующего фактора (функцию влияния).

Рассмотрим это на примере данных из маршрутных листов машинистов одного из локомотивных депо Белорусской железной дороги за 2019 год.

Для тепловозов серии 2ТЭ10М на рисунке 1 приведено поле рассеяния удельного расхода топлива за поездку в зависимости от массы состава с построенной линией тренда. Уравнение линии тренда имеет вид

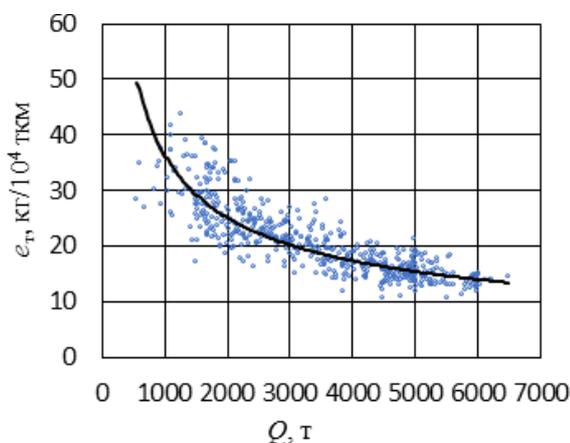


Рисунок 1 – Поля рассеяния удельного расхода топлива за поездку

$$e_n(Q) = 1442,5Q^{-0,533}. \quad (4)$$

Продифференцировав это выражение, получаем зависимость коэффициента влияния для массы состава

$$k_Q = -768,85Q^{-1,533} \quad (5)$$

и соответствующую графическую зависимость, приведенную на рисунке 2.

Аналогично получают расчётные выражения для нагрузки на ось вагона.

Для значений технической и участковой скорости движения (коэффициента участковой скорости) поезда зависимость удельного расхода топлива выражена не так явно, что можно объяснить влиянием

факторов, сильнее влияющих на расход топлива. Чтобы выявить влияние технической скорости, исключив влияние остальных факторами, желательно иметь данные о поездках, в которых менялась только техническая скорость, а все остальные факторы оставались бы неизменными. Это можно достичь, моделируя поездки с помощью тяговых расчетов. По результатам таких вычислений строится поле рассеяния и соответствующая линия тренда для технической скорости. Чтобы получить данные о зависимости удельного расхода топлива на поездку от участковой скорости (коэффициента участковой скорости), следует результаты тяговых расчетов для различных значений технической скорости дополнить данными о количестве и времени стоянок поезда и соответствующем увеличении расходе топлива.

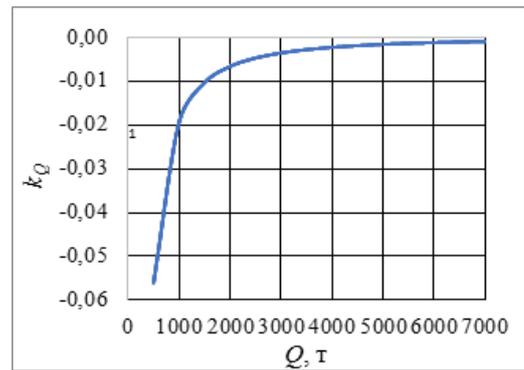


Рисунок 2 – Кривая измерения коэффициента влияния массы состава

#### Список литературы

- 1 Методика анализа расхода энергоресурсов на тягу поездов (приложение к указанию МПС от 20 июня 1997 г. № В-741у).
- 2 СТП БЧ 17.217–2012. Расчет норм расхода дизельного топлива на тягу поездов для подразделений локомотивного хозяйства Белорусской железной дороги. – Минск : М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2012. – 23 с.
- 3 Френкель, С. Я. О неучтённых факторах при нормировании расхода топлива по обобщённым показателям // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2002. – № 2(5). – С. 6–8.
- 4 Френкель, С. Я. Об исследовании эксплуатационных факторов, определяющих расход дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Совершенствование конструкции и системы обслуживания локомотивов : межвузовский сб. науч.-техн. статей. – СПб. : ПГУПС. – 2003 – С. 67–71.

УДК 620.179.16

### АЭ-КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ БУКСОВЫХ ПОДШИПНИКОВ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА В СИСТЕМЕ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА

*О. В. ХОЛОДИЛОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*А. А. МАРКАВЦОВ*

*Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, г. Минск*

В 2019 г. в Германии и Швейцарии завершились демонстрационные проекты создания инновационных грузовых вагонов. Тогда же сообщество TIS (Technischer Innovationskreis Schienengüterverkehr), объединяющее ряд европейских грузовых операторов и поставщиков железнодорожной техники, опубликовало Белую книгу (White Paper), в которой сформулированы основные задачи, направленные на повышение конкурентоспособности грузовых перевозок. Одна из ключевых задач – создание интеллектуального грузового поезда.

Цифровизация является одним из ключевых факторов, определяющих конкурентоспособность грузовых перевозок. Собственники грузовых вагонов в Европе активно оборудуют их бортовыми телематическими устройствами и разнообразными датчиками, позволяющими отслеживать местоположение каждого вагона, контролировать появление его в определенной зоне или выход из нее, собирать сведения о пробеге, ударных нагрузках, а также получать информацию о состоянии перевозимого груза по данным о температуре, давлении и влажности. В настоящее время идентифицированы четыре интерфейса, требующие стандартизации (рисунок 1) [1].

Наряду со стандартизацией интерфейсов существует еще ряд технологий в сфере цифровизации, унификация которых способна повысить эффективность работы всей отрасли. В частности, современные технологии позволяют регистрировать ударные нагрузки на грузовые вагоны с фиксацией времени и места события. Однако пока данных, позволяющих определить, при каком пороге-