

Установлено, что влияние названных выше эксплуатационных факторов на выполнение нормы расхода энергоресурсов за поездку в различных депо отличаются. Это можно объяснить субъективным влиянием квалификации теплотехника, определяющего подходы к формированию норм.

#### Список литературы

1 Френкель, С. Я. Исследование качества нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов / С. Я. Френкель, В. В. Володько // Локомотивы. Транспортно-технологические комплексы. XXI век : сб. тр. V Междунар. науч.-техн. конф. – СПб. : ПГУПС, 2017.

2 Френкель, С. Я. Об исследовании эксплуатационных факторов, определяющих расход дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Совершенствование конструкции и системы обслуживания локомотивов : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А. В. Грищенко. – СПб. : ПГУПС, 2004. – С. 72–76.

УДК 629.424.1:629.4.016.15

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

*С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, В. В. ВОЛОДЬКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Расходы на топливо и электроэнергию, потребляемые на тягу поездов, являются наибольшей составляющей расходов локомотивного хозяйства. В связи с этим бесспорна актуальность проблемы снижения расхода энергоресурсов на тягу поездов. Оно возможно как за счет совершенствования конструкции подвижного состава, так и в результате проведения организационно-технических мероприятий, к которым, в частности, можно отнести стимулирование топливо(энерго)сбережения локомотивными бригадами и другими причастными работниками железнодорожного транспорта. Это стимулирование должно опираться на объективную оценку работы локомотивных бригад и теплотехнического состояния локомотивов. Но она требует научно обоснованного нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, которое должно осуществляться таким образом, чтобы на её выполнение оказывали влияние только работа локомотивной бригады и техническое состояние локомотива. Все остальные факторы, определяющие расход энергоресурсов, не должны или могут минимально влиять на выполнение нормы расхода дизельного топлива или электроэнергии на поездку [1].

Чтобы оценить так ли это, по данным из маршрутных листов машиниста в координатах  $\Delta B_n$  (отклонение от нормы расхода топлива за поездку),  $Q$  (масса состава),  $q_o$  (средняя осевая нагрузка вагонов),  $A$  (перевозочная работа),  $k_y$  (коэффициент участковой скорости, определяемый как отношение участковой скорости к технической) нанесены точки, каждая из которых представляет одну поездку [2]. Примеры таких построений по данным некоторых локомотивных депо Белорусской железной дороги для грузовых тепловозов показали, что на выполнение нормы расхода топлива за поездку при действующей системе нормирования оказывают влияние не только машинист и теплотехническое состояние тепловоза, но и масса состава, осевая нагрузка, другие эксплуатационные факторы. Степень влияния названных факторов в значительной степени определяется совершенством методики нормирования и квалификацией машиниста-инструктора по теплотехнике. В практике энергетических расчётов, связанных с движением поездов, все более широкое применение находят статистические методы прогнозирования расхода энергоресурсов на тягу поездов. Сущность таких методов состоит в определении корреляционных связей между значением расхода энергоресурсов и случайными значениями факторов, его определяющих, в виде уравнения регрессии.

Исходными данными для составления уравнений регрессии может служить информация из маршрутных листов о выполненных поездках, например, за предшествующий год.

Применение статистических методов обработки информации из маршрутных листов может позволить, автоматизировав процесс расчета и корректировки норм расхода топлива и электроэнергии, вне зависимости от опыта и квалификации машиниста-инструктора по теплотехнике, обеспечить объективное нормирование расхода энергоресурсов на поездку.

Регрессионная модель представляет собой зависимость фактического расхода топлива  $E_T$  за поездку от эксплуатационных факторов и может иметь вид

$$E_T = a + a_s s + a_A A + a_N N + a_v v_T + a_q q_0 + k_{yч} ,$$

где  $a, a_s, \dots$  – коэффициенты пропорциональности;  $s$  – линейный пробег;  $A$  – выполненная перевозочная работа;  $N$  – количество осей в составе;  $v_T$  – техническая скорость;  $q_0$  – нагрузка на ось;  $k_{yч}$  – коэффициент участковой скорости;  $v_y$  – участковая скорость.

Применение для расчета норм расход топлива на поездку построенных таким образом регрессионных моделей позволило значительно снизить влияние рассмотренных эксплуатационных факторов на выполнение нормы расхода, что видно из рисунка 1, на котором каждая точка соответствует одной поездке. На массивах точек построены линии тренда, иллюстрирующие влияние соответствующего фактора на отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы. Левый столбец иллюстрирует нормирование по действующей системе, а правый – при расчете нормы расхода топлива по уравнению регрессии.

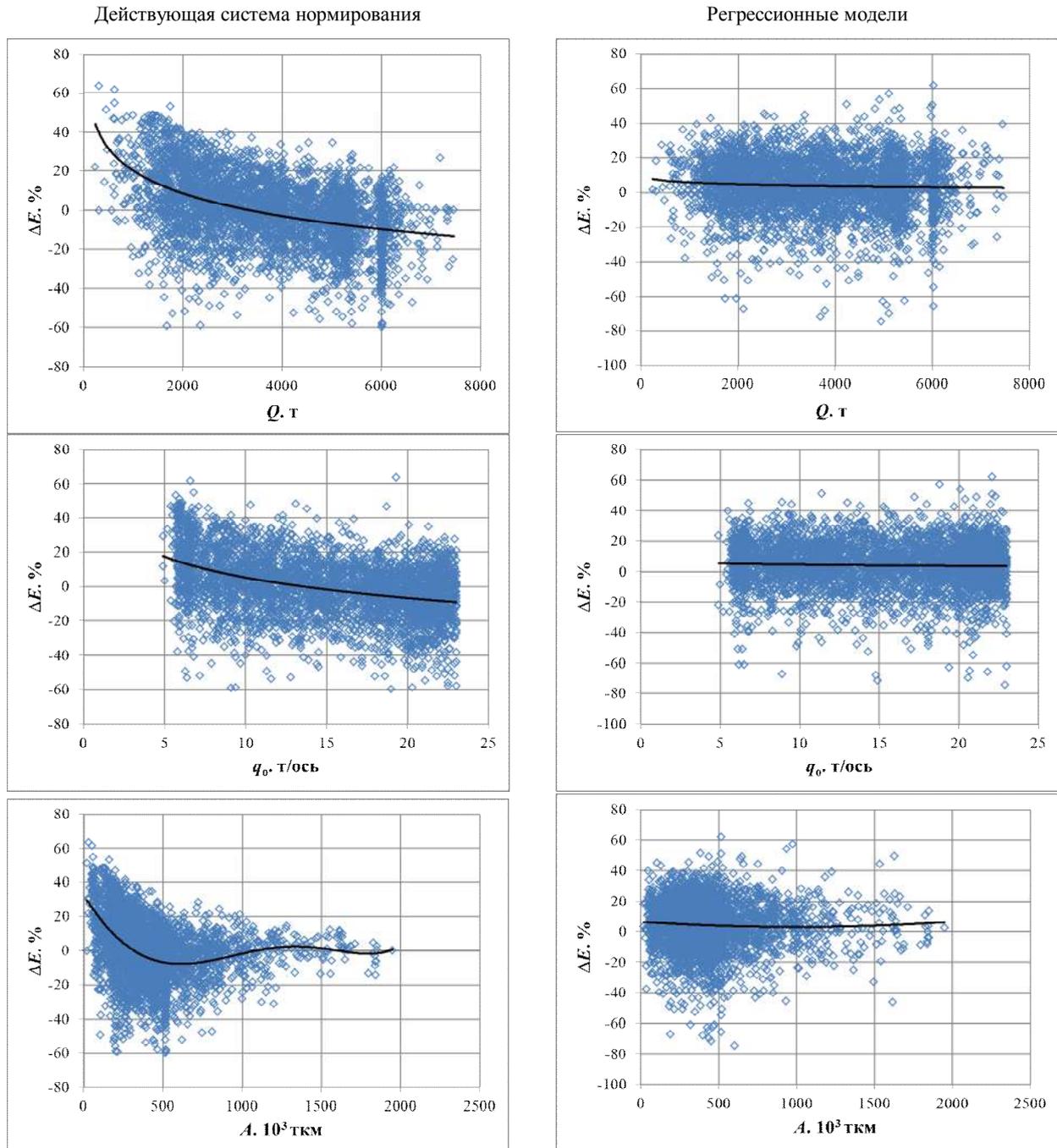


Рисунок 1 – Влияние некоторых эксплуатационных факторов на выполнение нормы расхода топлива

Очевидно, что применение регрессионных моделей значительно повышает качество нормирования расхода топлива на поездку, позволяет на основании анализа выполнения норм принимать адекватные, а следовательно, эффективные организационно-технические и управленческие решения.

Дальнейшее повышение качества нормирования расхода энергоресурсов возможно при введении в качестве аргументов уравнения регрессии средних за поездку значений температуры атмосферного воздуха, скорости и направления ветра.

#### Список литературы

- 1 Френкель, С. Я. Повышение качества нормирования расхода энергоресурсов магистральными локомотивами / С. Я. Френкель и др. // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2007. – № 1–2 (14–15). – С. 137–140.
- 2 Френкель, С. Я. Исследование качества нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов / С. Я. Френкель // Локомотивы. Транспортно-технологические комплексы. XXI век : сб. тр. V Междунар. науч.-техн. конф. – СПб. : ПГУПС, 2017.

УДК 629.4.027.5

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ С ГАРАНТИРОВАННЫМ НАТЯГОМ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ВАГОНА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ МАКРОГЕОМЕТРИИ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*И. Л. ЧЕРНИН, О. В. ПУТЯТО, А. В. ПУТЯТО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время в области вагоностроения активно ведутся работы по увеличению осевых нагрузок, интенсивности использования подвижного состава, что вызывает повышение требований к его безопасной эксплуатации. К одному из наиболее ответственных элементов подвижного состава относятся колесные пары. Поэтому при их изготовлении и ремонте необходимо осуществлять мероприятия технологического характера по улучшению формирования и расформирования узлов колесных пар, а также по дальнейшему совершенствованию контроля их прочности. Соединение может работать на осевой сдвиг, проворачивание или испытывать комбинированную нагрузку, и недостаточная их прочность может привести к относительному сдвигу элементов и вызвать катастрофические последствия.

В соответствии с нормативной документацией значение натяга внутренних колец подшипников должно находиться в пределах 0,045–0,11 мм, причем значение конечного усилия запрессовки комплекта колец (при прессовой посадке) – 245,4–294,3 кН. При формировании соединения «колесо – ось» значение фактического натяга должно быть 0,1–0,25 мм, причем значение конечного усилия запрессовки, учитывая номинальный диаметр подступичной части равный 194 мм, должно быть от 826,7 до 1115 кН при значении шероховатости поверхности ступицы колеса  $Rz \leq 20$  мкм и от 749,89 до 1115 кН при значении шероховатости поверхности ступицы колеса  $20 \text{ мкм} < Rz \leq 30$  мкм.

Расчет статической прочности цилиндрического прессового соединения выполняется, как правило, по формулам, основанным на решении плоской осесимметричной задачи теории упругости (задача Ляме – Гадолина). Несмотря на очевидность прямо пропорциональной зависимости прочности продольно-прессового соединения с натягом от площади контактирования, часто имеют место несоответствия с практическими результатами. В таком случае несоответствия устраняют за счет коэффициента трения, величина которого должна аккумулировать все неучтенные параметры. Отдельные факторы, влияющие на прочность соединения с натягом, исследованы достаточно детально. Так, известно, что наибольшее влияние на прочность такого соединения оказывает величина натяга, а также материал и характеристики поверхностного слоя сопрягаемых деталей, микро- и макрогеометрия посадочных поверхностей, наличие промежуточных сред (смазка, клеевые прослойки).

Таким образом, актуальной и практически важной является задача оценки влияния макрогеометрии сопрягаемых поверхностей на прочность соединения.

Моделирование прочности соединений с гарантированным натягом элементов колесной пары вагона выполнено с использованием программы ANSYS. Учитывая симметрию конструкции, задача решалась в осесимметричной постановке, для чего разработана геометрическая модель плоскости