

**2 Динамический.** Для построения функции топливозатрат применяют имитационное моделирование движения поезда. При этом интегрируют уравнение движения поезда, т. е. выполняют тяговые расчеты с учетом инерции движения поезда. Зависимость  $e(x_1, x_2, \dots, x_i)$  реализуется в виде комплекса программ для компьютера, а необходимые частные производные определяют численным дифференцированием. Достоинством метода является более высокая достоверность результатов.

**3 Статистический.** Основан на представлении функции топливозатрат в виде модели множественной регрессии

$$e = a_0 + \sum_1^n a_i x_i \quad (2)$$

Коэффициенты  $a_i$  находят методом наименьших квадратов по данным, зафиксированным в документах статистической отчетности. Частные производные определяют аналитически. Преимуществом этого метода в достоверности отображения реальных связей удельного расхода топлива на тягу поездов.

Каждый из рассмотренных методов обладает как достоинствами, так и недостатками, а также областью целесообразного применения.

Для построения регрессионной модели расхода топлива нами использованы данные из отчетных документов подразделений Белорусской железной дороги. Модель может быть построена на данных, дифференцируемых по временным периодам (1-й квартал, 2-й квартал и т. д.), либо без деления на временные отрезки. Для повышения качества модели целесообразно строить ее на данных за несколько лет.

Аналогично можно строить модель **изменения** удельного расхода топлива. При этом в качестве независимых переменных принимают изменение значений нормообразующих факторов по отношению к значениям, принимаемым за базовые, например, за аналогичный период предыдущего года.

На отчетных данных подразделений локомотивного хозяйства Белорусской железной дороги строится регрессионная модель вида

$$\Delta e = k_0 + \sum_1^n k_i \Delta x_i \quad (3)$$

где  $\Delta e$  – отклонение удельного расхода топлива в нормируемом периоде от удельного расхода топлива в базовом периоде времени;  $k_i$  – коэффициенты пропорциональности (коэффициенты влияния);  $\Delta x_i$  – отклонение значений нормообразующих факторов в нормируемом периоде от их значений в базовом периоде времени.

В качестве нормообразующих факторов для грузового движения приняты: перевозочная работа, средневзвешенная масса состава, техническая скорость движения, участковая скорость движения, средневзвешенная осевая нагрузка, доля порожнего пробега вагонов, доля работы в транзитном движении.

Оценка погрешности прогнозирования выполняется путем сравнения прогнозных и фактических значений расхода топлива для подразделений локомотивного хозяйства. Сравнение расчетных (по модели) и фактических значений расхода топлива выполнено для всех локомотивных депо, отделений и дороги в целом. Сравнительный анализ показал, что прогнозирование расхода дизельного топлива в грузовом движении для подразделений локомотивного хозяйства в соответствии с предлагаемым методом обеспечивает значительно меньшую погрешность, чем действующая в настоящее время на Белорусской железной дороге методика.

УДК 629.424.1:629.4.016.15

## ВЛИЯНИЕ ОСТАНОВОК ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА НА РАСХОД ТОПЛИВА ГРУЗОВЫМИ ТЕПЛОВОЗАМИ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, Д. Г. ТЕЛПУХОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При нормировании расхода топлива на поездку в настоящее время принято на каждую остановку добавлять к норме расхода топлива на поездку фиксированное значение дополнительного расхода. Очевидно, что значение дополнительного расхода зависит от характеристик поезда, условий его движения до остановки и места остановки. Для оценки численных значений дополнительного рас-

хода нами выполнены тяговые расчеты для поездов, перемещающихся на участке Брест – Лунинец с тепловозом 2М62 в голове поезда.

Тяговые расчеты выполнены с помощью программного комплекса АРМ «Тяговые расчеты», разработанного на кафедре «Тепловозы и тепловые двигатели» БелГУТа. Программный комплекс позволяет выполнять расчеты для различных участков, задавая требуемые варианты состава поезда, условия его движения, включая остановки, ограничения скорости движения и др. В процессе исследований нами моделировалось движение поездов различной массы и с разной осевой нагрузкой. Принято, что все поезда сформированы из крытых четырехосных вагонов. Рассмотрено прохождение заданного участка без остановок, а затем с одной остановкой, которая поочередно выполнялась на разных остановочных пунктах. Режим управления и действующие ограничения скорости движения для всех вариантов оставался практически неизменным. Получены расчетные значения расхода топлива и времени хода поезда по участку. Результаты вычислений позволили оценить влияние остановки различных поездов на разных остановочных пунктах на величину дополнительного расхода топлива и дополнительного времени хода поезда на остановку.

Некоторые из полученных результатов приведены на рисунках 1 и 2.

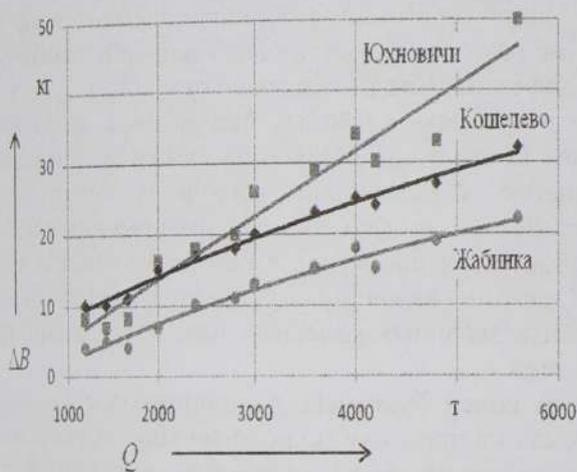


Рисунок 1 – Зависимость величины дополнительного расхода топлива при остановке от массы состава

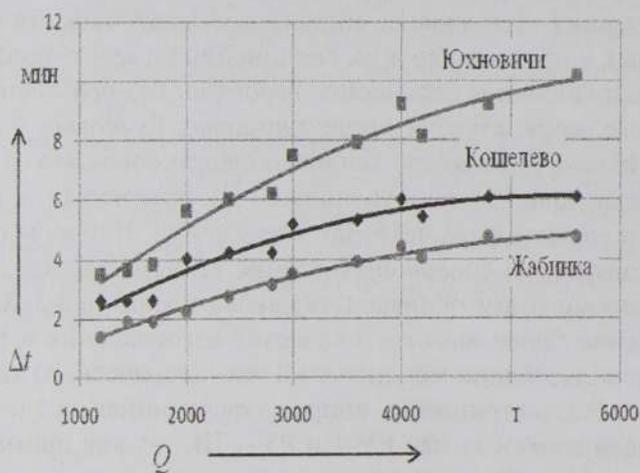


Рисунок 2 – Зависимость дополнительного времени на остановку от массы состава

Очевидно, что дополнительные расход топлива и время на остановку зависят как от массы состава, так и от места остановки поезда. На рисунке 3 приведена диаграмма изменения дополнительного расхода топлива на остановку для различных остановочных пунктов исследуемого участка.

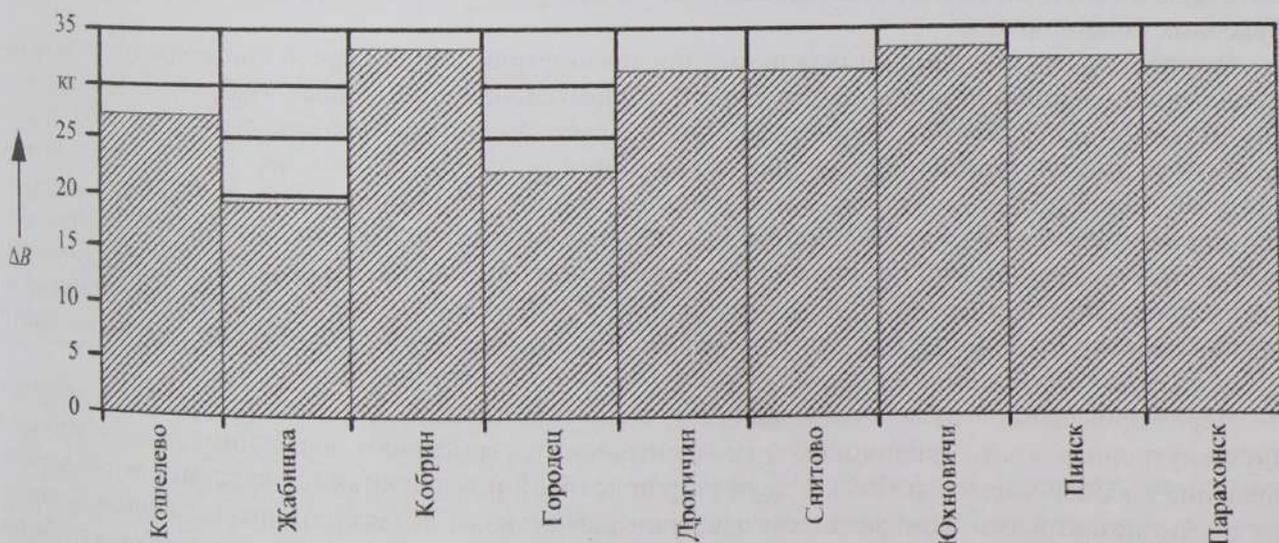


Рисунок 3 – Зависимость дополнительного расхода топлива на остановку от остановочного пункта для поезда массой 4800 т и осевой нагрузкой 20 т/ось