

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ МЕТОДАМИ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, А. П. ДЕДИНКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В структуре расходов Белорусской железной дороги в период с 2015 по 2020 год доля затрат на дизельное топливо и электрическую энергию для тяги поездов составляет примерно 16 %. Устойчива тенденция на увеличение при этом доли электрической энергии относительно дизельного топлива, вызванная постепенной электрификацией эксплуатируемых участков и соответствующим переходом на электротягу. Для планирования, учета, контроля, а также рационального использования расхода энергоресурсов на тягу поездов важно обеспечить эффективный механизм прогнозирования их расхода.

Прогнозирование расхода дизельного топлива и электрической энергии на тягу поездов подразделяется на два основных направления: расчет потребного количества на поездку, а также расчет потребного количества для подразделения локомотивного хозяйства. В первом случае такого рода прогноз необходим для оценки качества работы локомотивной бригады и теплотехнического состояния локомотива или дизель(электро)-поезда. Наличие эффективного механизма прогнозирования на поездку позволяет реализовывать мероприятия по стимулированию рационального потребления энергоресурсов на тягу поездов среди работников локомотивного хозяйства, а также избегать их перерасхода путем своевременного доведения локомотива или дизель(электро)-поезда до надлежащего теплотехнического состояния. Спецификой данного направления является то, что зачастую достаточно точно определить факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на расход энергоресурсов, возможно только после непосредственного совершения поездки.

Прогнозирование для подразделения локомотивного хозяйства используется для точного планирования расхода энергоресурсов на основную деятельность Белорусской железной дороги в прогнозном периоде. Важным при этом является выполнение показателей по энергосбережению, введенных вышестоящими органами государственного управления. Кроме того, выполняется анализ влияния тех или иных факторов эксплуатационной работы на расход энергоресурсов подразделениями в целом.

В обеих разновидностях прогнозирования расхода энергоресурсов на тягу поездов приемлемым является использование методов регрессионного анализа. В целом регрессионный анализ – набор статистических методов исследования влияния одной или нескольких независимых переменных (регрессоров, предикторов) на зависимую переменную (критериальную). Выполняется с целью определения степени детерминированности вариации критериальной переменной предикторами, предсказания значения зависимой переменной с помощью независимой(ых), определения вклада отдельных независимых переменных в вариацию зависимой.

Уравнение регрессии находится путем последовательного введения в состав модели переменных факторов. Для изучения тесноты связи между функцией отклика y и несколькими факторами x_1, x_2, \dots, x_m используют коэффициент множественной корреляции R . Он всегда положителен и изменяется от 0 до 1. Величину R^2 называют множественным коэффициентом детерминации. Его значение даёт численную оценку того, насколько изменчивость предсказываемой величины объясняется включенными в модель факторами.

При существовании линейного соотношения между переменными общее выражение уравнения регрессии записывается в виде

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m, \quad (1)$$

где b_0 – постоянная регрессии; b_1, b_2, \dots, b_m – коэффициенты регрессии. Индекс при коэффициенте соответствует индексу объясняющей переменной. Так, b_1 указывает среднюю величину изменения y при изменении x_1 на одну единицу при условии, что другие переменные остаются без изменения; b_2 показывает, на сколько единиц в среднем изменится y если переменная x_2 изменилась на единицу при условии, что переменные x_i остались бы без изменения, и т. д.; x_1, x_2, \dots, x_m – объясняющие переменные.

К группе факторов, оказывающих постоянное влияние на расход дизельного топлива и электрической энергии, относят среднее значение коэффициента полезного действия локомотива или дизель(электро)-поезда, его техническое состояние, средние метеорологические условия и т. д. К группе переменных факторов относят такие показатели, как перевозочная работа, масса состава, пробег, участковая и техническая скорость движения, осевая нагрузка, время и число стоянок, число осей.

При построении многофакторной регрессионной модели рекомендуется обращать внимание на взаимное влияние факторов, входящих в нее. Наличие в ней взаимосвязанных составляющих ведет к дублированию их влияния на функцию отклика и, в конечном итоге, к искажению результатов моделирования. Во избежание этого необходимо определять факторы, имеющие высокую степень взаимной корреляции, и возможно, исключать некоторые из них. Высокой принято считать корреляцию, характеризующуюся коэффициентом $r \geq 0,75$. Для проверки данного показателя строится матрица парных коэффициентов корреляции (корреляционная матрица).

При построении регрессионной модели расхода энергоресурсов за поездку необходимо также определить величины прогнозного и накопительного периодов данной модели. Под накопительным понимается период времени, за который принимают исходные данные для расчета коэффициентов уравнения регрессии, под прогнозным – период, в течение которого построенная регрессионная модель будет использована для прогнозирования расхода энергоресурсов. По истечении прогнозного периода предполагается перерасчет коэффициентов уравнения регрессии, смещая при этом накопительный период вперед на величину прогнозного.

В случае если накопительный период мал, объем данных, предназначенных для построения регрессионной модели, может быть недостаточным. Если же накопительный период окажется слишком большим, то в этом случае модель будет «инерционна» и слабо восприимчива к изменяющимся условиям эксплуатационной работы в тяге поездов. Соответственно накопительному необходимо определять и прогнозный период.

Кроме того, применение регрессионного анализа для нормирования расхода дизельного топлива и электрической энергии в большинстве случаев требует преобразования информации из маршрута машиниста к виду, удобному для последующей обработки. Это информация о номере маршрута, дате поездки, серии локомотива и его номере, табельном номере машиниста, коде участка, по которому осуществлялось движение, пробеге и выполненной перевозочной работе, фактическом расходе дизельного топлива (электрической энергии) за поездку, числе остановок на промежуточных станциях и др. Из маршрута можно определить время хода поезда по участку (разность между временем прибытия поезда на конечную станцию и временем его отправления с начальной станции).

Построенные таким образом уравнения регрессии возможно использовать как для прогнозирования расхода дизельного топлива и электрической энергии для подразделений локомотивного хозяйства, так и для задания по расходу энергоресурсов на поездку локомотивной бригаде. При этом за нормативную принимается некоторая среднестатистическая поездка. Повсеместное применение вычислительной техники и автоматизация расчета коэффициентов влияния позволяют ускорить процесс прогнозирования и повысить его качество за счет обработки больших объемов поступающей информации о поездках, а также снизить влияние субъективного фактора на качество прогнозирования. Возможно также разделение регрессионных моделей по видам движения, сериям локомотивов, обслуживаемым участкам, временам года и т. д. [1]

Подход к прогнозированию расхода дизельного топлива, основанный на использовании регрессионных моделей, реализован в действующем в настоящее время СТП БЧ 17.217-2012 «Расчет норм расхода дизельного топлива на тягу поездов для подразделений локомотивного хозяйства Белорусской железной дороги». В целом использование регрессионного анализа позволяет повысить качество процесса прогнозирования расхода энергоресурсов на тягу поездов. Особое значение это приобретает в условиях значительного повышения в последнее время для Белорусской железной дороги стоимости как дизельного топлива, так и электрической энергии.

Список литературы

1 Френкель, С. Я. Многофакторная модель расхода энергоресурсов в пассажирском движении / С. Я. Френкель, Р. К. Гизатуллин, А. П. Дединкин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2011. – № 1. – С. 103–106.