

3. Математические методы решения физических задач /В. В. Харитонов, Д. Г. Лин, В. А. Пенязь и др.; Под. общ.ред. В. В. Харитонова. — Мн.: Выш.шк., 1991.

УДК 629.4.016.2

О НОРМИРОВАНИИ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТЕПЛОВОЗАМИ

Френкель С.Я.

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

Количество топлива, израсходованного тепловозом на перемещение состава по участку, зависит от многих факторов. Среди них особо следует выделить эксплуатационные факторы, величина и характер которых изменяются в процессе осуществления перевозочного процесса, что определяет их влияние на расход топлива тепловозами.

Эксплуатационные факторы, определяющие расход энергоресурсов на тягу поездов можно разделить на две большие группы: *качественные* и *количественные*.

К *качественным* следует отнести факторы, которые нельзя или достаточно сложно измерить. Например, машинист или локомотив, модифицированное топливо или система управления локомотивом.

К *количественным* относят такие факторы, как тоннокилометровая работа, масса состава и средняя осевая нагрузка, техническая и участковая скорость движения и др.

Подход к исследованию влияния эксплуатационных факторов на расход энергоресурсов должен быть различным для каждой из названных групп.

Традиционно исследование влияния эксплуатационных факторов на расход топлива (электроэнергии) выполняют либо экспериментальным путем, либо с помощью моделирования движения поезда, опирающегося на положения теории локомотивной тяги и, нередко, теории оптимального управления. Каждое из направлений имеет как достоинства, так и недостатки.

Получение экспериментальных данных с помощью тягово-энергетических испытаний не только трудоемко, но требует дополнительных затрат на топливо. В то же время много ценной информации содержится в маршрутных листах машинистов.

Система интегрированной обработки маршрутов машиниста (ИОММ), применяемая на Белорусской железной дороге, позволяет хранить информацию о поездках на электронных носителях. Однако форма представления информации не позволяет использовать для ее обработки современные средства математического обеспечения. Аспирантом Б.С. Френкелем разработана программа обработки текстовых файлов, сформированных программным обеспечением системы ИОММ, которая позволяет представить всю информацию из маршрутов машиниста в виде базы данных формата Microsoft Access. Представление в дальнейшем информации о каждой поездке в виде одной строки позволило выполнять исследования средствами Microsoft Excel.

Данные, полученные из маршрутных листов, подвергаются предварительной обработке, которая необходима для того, чтобы в дальнейшем с наибольшей эффективностью, а главное — корректно, использовать для построения эмпирических зависимостей статистические методы. Содержание предварительной обработки в основном состоит в отсеивании грубых погрешностей, неизбежно имеющих место при заполнении маршрутных листов и вводе информации в ЭВМ.

Для того чтобы получить представление о порядке значений исследуемых величин и характере их изменения, построены гистограммы распределения исследуемых величин и их поля рассеяния.

Построены поля рассеяния зависимых переменных (полного V_T и удельного расхода топлива, приходящегося на единицу перевозочной работы - e_T) от величин, которые предположительно влияют на e_T . Такими независимыми переменными, например, в грузовом движении являются масса состава Q , пробег S , тоннокилометровая работа QS , техническая скорость v_T , участковая скорость v_y , число остановок за поездку $N_{ост}$, число осей в поезде n_o и осевая нагрузка q_o .

Анализ полей рассеяния, построенных для грузовых поездов, показывает, что наиболее сильное влияние на расход топлива оказывают такие факторы, как работа, осевая нагрузка, масса состава, пробег.

Зависимости $V_\phi = f(QS)$, $V_\phi = f(Q)$ и $V_\phi = f(q_o)$ близки к линейным, хотя $V_\phi = f(Q)$ и $V_\phi = f(q_o)$ вследствие разной длины плеч обслуживания, а также вследствие влияния и других факторов имеют довольно широкий разброс точек. Отклонения отдельных точек от основной их массы, определяющей характер зависимости, объясняется влиянием отдельных неучтенных факторов.

На остальных полях рассеяния закономерности, которым подчиняется основная масса точек, выражены значительно слабее. Это говорит о влиянии на зависимые переменные других, более сильных факторов, либо об отсутствии какой-либо связи между фактором и откликом на него.

Аналогичные исследования, выполненные для пассажирского и пригородного движения, в основном подтверждают закономерности, выявленные для грузового движения.

В практике энергетических расчетов, связанных с движением поездов, находят все более широкое применение статистические методы прогнозирования расхода топлива на тягу поездов, позволяющие количественно оценить влияние каждого случайного фактора, изменяющегося от поездки к поездке, на расход топлива. Сущность названного подхода состоит в определении корреляционных связей между значением расхода топлива и случайными значениями факторов, его определяющих в виде уравнения регрессии

$$e = a_0 + \sum_1^n a_i x_i .$$

Значения коэффициентов корреляции a_0, a_1, \dots, a_n определяют обычно методом наименьших квадратов.

Исходными данными для составления уравнения регрессии служат данные о поездках из маршрутных листов, в которых зафиксированы значения расхода топлива и факторов x_1, x_2, \dots, x_n . В качестве факторов x_i обычно рассматривают массу состава, среднюю нагрузку на ось вагона, техническую и участковую скорость движения и др

После предварительного анализа эксплуатационных факторов, влияющих на расход топлива тепловозами, были определены уравнения регрессии, позволяющие предсказывать расход дизельного топлива тепловозами.

Обработка данных о расходе топлива и построение регрессионных моделей выполнены с использованием пакета программ для статистической обработки данных STATGRAPHICS Plus for Windows и табличного процессора Microsoft Excel.

Очевидно, что полученные уравнения регрессии можно использовать для нормирования расхода топлива на поездку. При этом за норму принимается некоторая среднестатистическая поездка. Число поездок с перерасходом и с экономией топлива в этом случае оказывается примерно равным. Если, как это принято думать, на расход топлива существенное влияние оказывает машинист и техническое состояние локомотива, то по отклонению от нормы расхода топлива можно выявлять как лучших, так и худших. Объективность нормирования, а следовательно и оценки качества работы машиниста и локомотива дает возможность реализации адресных эффективных решений, направленных на снижения расхода топлива. Однако значимость таких факторов, как локомотив и машинист требует доказательства. С задачей оценки значимости названных выше факторов тесно связан вопрос оценки способа нормирования расхода топлива на поездку. Как оценить, насколько объективна система нормирова-

ния, насколько она позволяет выявлять машинистов (локомотивы) экономящих или перерасходующих дизельное топливо?

Для ответа на эти вопросы целесообразно воспользоваться аппаратом дисперсионного анализа.

В качестве факторов, влияние которых на расход топлива предстоит определить, будем рассматривать машинистов либо локомотивы. Исследовать влияние каждого из названных факторов будем поочередно.

В соответствии с принятой терминологией в качестве исследуемого фактора можно принять расход топлива за поездку — полный, удельный или отклонение от нормы. Предпочтение следует отдать отклонению от нормы, поскольку в этом случае нейтрализуется влияние тех факторов, которые учитываются при расчете нормы расхода топлива. Более того, при исследовании оценивается также эффективность нормирования. Номера локомотивов или табельные номера машинистов назовем обработками. Наблюдаемый отклик (численное значение отклонения фактического расхода топлива за поездку от нормы) на каждую из обработок представляет собой случайную величину. Сформулированная задача является задачей однофакторного дисперсионного анализа.

Для исследования приняты данные о 1744 поездках машинистов локомотивного депо Гомель в грузовом движении. Тепловозы серии 2ТЭ10У. Из рассматриваемого массива данных для исследования значимости фактора машинист выбраны данные о 704 поездках 22-х машинистов. Не принимались в расчет данные о поездках тех машинистов, которых в рассматриваемом массиве оказалось менее 32.

Результаты дисперсионного анализа данных по отклонению от нормы расхода топлива, определяемой по действующей до настоящего времени методике показали, что гипотеза о том, что от конкретного машиниста (локомотива) не зависит отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы, подтверждается. Из этого следует, что либо действительно машинист или локомотив не является значимым фактором, либо используемая в исследовании система определения нормы расхода топлива на поездку не является объективной.

Для дальнейшего исследования в качестве нормы расхода топлива на поездку принят расход топлива, рассчитанный по регрессионной модели. В этом случае гипотеза о том, что от конкретного 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 621.892:621.793.3

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ВНЕСЕНИЯ
СОСТАВЛЯЮЩИХ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩЕЙ ПРИСАДКИ
ГРЕТЕРИН-3 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ
ПРИРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Брезгунов Г.В

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия
Горки, Беларусь*

Дополнительное введение в моторное масло металлоплакирующей (МП) присадки ведет к повышению срока службы автотракторных двигателей, при этом расход масла сокращается в 2...18 раз, дымление в 20...30 раз [1]. Улучшаются и другие параметры работы двигателя.

Для улучшения прирабатываемости деталей двигателей разработана МП присадка Гретерин-3 [2]. Состав присадки: медь хлорная ГОСТ 4167-74 — 3,7%; неонол АФ₃₋₆ ТУ 38.50724-87 — 11,0%; бутиловый спирт ГОСТ 5208-81 — 3,7%; олеиновая кислота ГОСТ 10475-75 — 74,0%; глицерин ГОСТ 6259-75 — остальное.

Для приготовления смазочной композиции используют специальное устройство (насос-мешалку), в котором происходит перемешивание моторного масла с прирабочным компонентом [3].

Детали цилиндрично-поршневой группы (ЦПГ) прирабатываются более продолжительное время. При первоначальном пуске двигателя, а также при