

3 **ГОСТ 10935–2019.** Вагоны грузовые крытые. Общие технические условия Межгосударственный стандарт. – Введ. 2022-10-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 16 с.

4 **ГОСТ 22235–2010.** Вагоны грузовые магистральных железных дорог колес 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. – Введ. 2011-05-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 19 с.

5 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колес 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ, ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

6 **ГОСТ 9238–2013.** Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений. – Введ. 2014-07-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 172 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Филатов Евгений Анатольевич, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой и охрана труда», uer@bsut.by.

УДК 629.424.1:621.311

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТЕПЛОВОЗАМИ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, А. П. ДЕДИНКИН

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов возможно как за счет совершенствования конструкции подвижного состава, так и в результате проведения организационно-технических мероприятий, например стимулирование топливно(энерго)-сбережения локомотивными бригадами и другими причастными работниками железнодорожного транспорта.

Важнейшей предпосылкой решения проблемы энергосбережения является объективное нормирование расхода ТЭР на тягу поездов. Оценка выполнения нормы расхода ТЭР является основой организационно-технических мероприятий, направленных на повышение качества работы локомотивных бригад и поддержание технического состояния тягового подвижного состава на должном уровне. Для объективной оценки работы локомотивной бригады или технического состояния локомотива необходимо обеспечить качественное нормирование расхода топлива на поездку. Это, в свою очередь, требует объективной оценки качества нормирования.

Исходя из того, что на выполнение нормы расхода влияние должны оказывать только работа локомотивной бригады и техническое состояние локомотива, оценивать качество нормирования можно по отсутствию влияния других эксплуатационных факторов на отклонение от норм. Так на

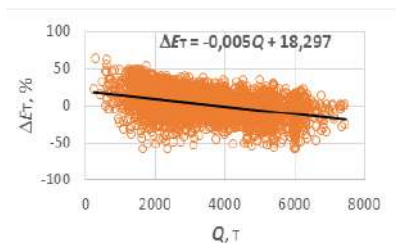


Рисунок 1

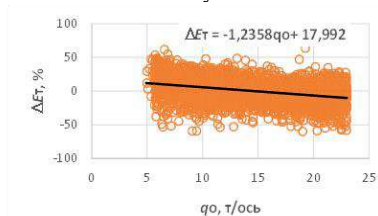


Рисунок 2

ден вариант качественного нормирования, при котором влияние массы состава на отклонение от нормы расхода топлива практически не проявляется.

Таким образом можно оценить, насколько хорошо при нормировании учитывается влияние и других количественных факторов, т. е. таких, которые можно измерить.

Кроме количественных на выполнение нормы расхода топлива могут оказывать влияние качественные факторы, такие как машинист, локомотив, № поезда, участок обращения и др.

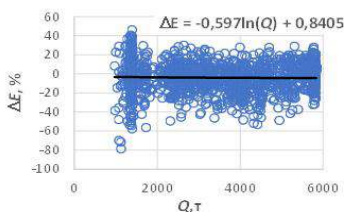


Рисунок 3

рисунках 1, 2, по данным из маршрутов машиниста в координатах, масса состава (Q), средняя нагрузка на ось вагона ($q_о$) – отклонение от нормы расхода топлива на поездку ΔE_t приведены результаты поездок локомотивов 2ТЭ10УК в грузовом движении за год. Каждая точка соответствует одной поездке. Построены линии тренда (усреднённые значения). На рисунках 1, 2 явно наблюдается влияние нагрузки на ось вагона и массы состава на отклонение от нормы расхода топлива. Это говорит о несовершенстве нормирования, а следовательно, о необходимости совершенствования алгоритма расчёта нормы.

Для сравнения на рисунке 3 приведен

вариант качественного нормирования, при котором влияние массы состава на отклонение от нормы расхода топлива практически не проявляется. Таким образом можно оценить, насколько хорошо при нормировании учитывается влияние и других количественных факторов, т. е. таких, которые можно измерить. Кроме количественных на выполнение нормы расхода топлива могут оказывать влияние качественные факторы, такие как машинист, локомотив, № поезда, участок обращения и др. В терминах математической статистики влияние качественных факторов на выполнение нормы расхода энергоресурсов за поездку может быть **значимым** или **незначимым**. При этом значимость таких факторов, как серия локомотива, участок обращения и некоторых других, кроме машиниста и локомотива, говорит о несовершенстве

нормирования расхода энергоресурсов на поездку.

Для оценки значимости качественных факторов воспользуемся аппаратом дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ (от латинского *Dispersio* – рассеивание / на английском *Analysis Of Variance* – ANOVA) применяется для исследования влияния одной или нескольких качественных переменных (факторов) на одну зависимую количественную переменную (отклик).

Основной целью дисперсионного анализа (ANOVA) является исследование значимости различия между средними с помощью сравнения (анализа) дисперсий.

Сущность дисперсионного анализа заключается в расчленении общей дисперсии изучаемого признака на отдельные компоненты, обусловленные влиянием конкретных факторов, и проверке гипотез о значимости влияния этих факторов на исследуемый признак. Сравнивая компоненты дисперсии друг с другом посредством F – критерия Фишера, можно определить, какая доля общей вариативности результативного признака обусловлена действием регулируемых факторов [1].

В соответствии с принятой терминологией в качестве результирующего показателя принимаем отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы в %.

Поездки, выполненные одним машинистом, тепловозом, № поезда и т. п., назовём 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 [2].

Опишем наблюдения линейной статистической моделью

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}, \quad (1)$$

где y_{ij} – (ij)-е наблюдение ($i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$); μ – параметр, общий для всех обработок, представляющий собой математическое ожидание общего среднего; τ_i – параметр, характеризующий i -ю обработку, называемый эффектом i -й обработки; ε_{ij} – случайная ошибка.

Целью исследования является проверка соответствующей гипотезы относительно эффектов обработок и оценка этих эффектов.

При проверке гипотез ошибки модели считаются независимо распределёнными нормальными переменными с нулевым средним и дисперсией σ^2 , причём эта дисперсия – одна и та же для всех уровней факторов. Такая модель соответствует однофакторному дисперсионному анализу.

Некоторые авторы указывают, что строгое выполнение допущений, принятых в дисперсионном анализе не столь существенно. А отклонения от принятых допущений влияют на уровень значимости используемого критерия [1].

Исследуемые обработки в рассматриваемом случае являются случайной выборкой из большой совокупности обработок. Выполняя исследование, следует проверить гипотезу об изменчивости τ_i и попытаться оценить эту изменчивость. Такая модель носит название модели случайных эффектов или модели компонентов дисперсии. Иначе говоря, необходимо проверить гипотезу H_0 о том, что исследуемый качественный фактор не влияет на результирующий признак (в рассматриваемом случае проверяем гипотезу о том, что от конкретного машиниста, серии локомотива, номера поезда, месяца года, участка обращения не зависит отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы).

Проверка гипотезы состоит в следующем. Берётся случайная выборка, по которой находится значение некоторой статистики, и принимается решение, отклонить или принять гипотезу H_0 .

При проверке гипотезы задаются уровнем значимости критерия. Для проверки гипотезы в дисперсионном анализе предлагается следующий статистический критерий: если верно условие

$$F \leq F_\alpha(I - 1, n - 1), \quad (2)$$

где F – вычисленное по результатам наблюдений дисперсионное отношение; F_α – табличное значение, найденное по распределению Фишера для выбранного уровня значимости α при соответствующих степенях свободы $I - 1$ и $n - 1$, то гипотеза принимается, в противном случае – отвергается.

Из базы данных автоматизированной системы интегрированной обработки маршрутов машиниста (АС ИОММ) приняты данные из 3559 маршрутов машиниста о поездках 74 машинистов на тепловозах серии 2ТЭ10 УК. При исследовании значимости фактора «машинист» анализу подвергли результаты машинистов с количеством поездок не менее 70 у каждого.

Рассмотрены два варианта нормы расхода топлива на поездку. В одном случае принята норма расхода, зафиксированная в базе данных АС ИОММ (Депо). В другом норма рассчитана с применением регрессионной модели [2].

Результаты дисперсионного анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка значимости фактора «машинист»

Алгоритм расчёта нормы	Количество машинистов	F	F_α
Депо	16	1,685817	1,675582
Регрессионная модель	16	2,163256	1,675582

В соответствии с положениями дисперсионного анализа гипотеза о том, что исследуемый качественный фактор не является значимым (нулевая гипотеза) отклоняется, если $F > F_\alpha$. Следовательно, результаты вычислений, приведенные в таблице 1, позволяют отклонить предположение о том, что машинист не оказывает значимое влияние на отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы. Иначе говоря, можно утверждать, что фактор «машинист» является значимым.

При качественном нормировании значимыми факторами могут быть только машинист или тепловоз. Если значимыми оказываются другие качественные факторы, такие как, например, номер поезда, месяц года, участок обращения, то это указывает на несовершенство нормирования.

Список литературы

1 Монтгомери, Д. К. Планирование эксперимента и анализ данных : пер. с англ. / Д. К. Монтгомери. – Л. : Судостроение, 1980. – 384 с.

2 Френкель, С. Я. Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов – обоснование выбора направления исследований / С. Я. Френкель // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2009. – № 2. – С. 58–61.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

- Френкель Семен Яковлевич, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Локомотивы», sjfrenk@gmail.com;
- Дединкин Андрей Петрович, УО «Белорусский государственный университет транспорта», старший преподаватель кафедры «Локомотивы», adedinkin@yandex.ru.

УДК 629.4.014.7

КАЧЕСТВО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРКА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

С. А. ХАНЯК

ГО «Белорусская железная дорога», г. Минск

М. Ю. СТРАДОМСКИЙ, В. Г. КУЗНЕЦОВ

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Парк грузовых вагонов является важнейшим ресурсом ГО «Белорусская железная дорога» и иных участников перевозочного процесса, осуществляющих обеспечение грузовой базы вагонами и перевозки грузов по инфраструктуре железной дороги [1]. Эффективность организации перевозочного процесса Белорусской железной дорогой (БЧ) оценивается посредством системы показателей использования вагонов: рабочего парка вагонов, оборота вагонов, производительности вагонов и др. [2].

Мониторинг рабочего парка вагонов на Белорусской железной дороге в периоде с 2010 по 2020 годы показывает, что по сравнению с 2010 годом к концу анализируемого периода он увеличился на 593 вагона (рисунок 1), или на 2 % (с 27 839 до 28 432 вагонов). При этом динамика изменения рабочего парка схожа с тенденцией изменения инвентарного парка, что подтверждает высокую вовлеченность парка вагонов БЧ в освоение перевозок грузов.

В 2011–2016 годах инвентарный парк вагонов превышал рабочий парк. Начиная с 2017 года наблюдается обратная ситуация – рабочий парк вагонов превышал инвентарный, что вызывало нехватку подвижного состава для обеспечения плановых объемов погрузки грузов. Дефицит вагонов был компенсирован за счет привлечения вагонов других железнодорожных администраций, владельцев (операторов) вагонов, а также организации перевозок собственным подвижным составом грузовладельцев. Этому способствовало увеличение количества частных грузовых вагонов владельцев РБ по итогу 2020 года на 6 760 вагонов, или на 62 % к уровню 2016 года.