

Учет фактора температуры атмосферного воздуха при определении нормативного расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов

К. М. ПОПОВ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. Температура атмосферного воздуха имеет значимое влияние на расход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов. Это связано с изменением ряда зависимых от нее характеристик и величин, при этом выделить влияние температуры на каждую из них крайне затруднительно. Поэтому при определении коэффициентов влияния температуры на расход ТЭР на тягу поездов должны использоваться методы статистической обработки данных об изменении температуры и удельного расхода ТЭР с детализацией по участкам работы локомотивных бригад для локомотивов и пригородным участкам для моторвагонного подвижного состава, а сами значения коэффициентов периодически уточняются.

Ключевые слова: температура атмосферного воздуха; коэффициент влияния температуры; топливно-энергетические ресурсы; эксплуатационные факторы; нормирование; отопление

Введение. Влияние температуры атмосферного воздуха (далее — температура) на расход ТЭР на тягу поездов (далее — расход ТЭР) обусловлено рядом физических закономерностей, приводящих в совокупности к изменению основного удельного сопротивления движению поезда (вязкость смазок в узлах трения подвижного состава, плотность воздуха, влияющего на аэродинамическое сопротивление, характеристики жесткости пути) и к дополнительным затратам мощности со стороны локомотива. Эти затраты связаны с изменением сопротивления обмоток тяговых электродвигателей, определяющего потребность в их охлаждении, изменением температуры поступающего в дизель воздуха, определяющей необходимость во включении вспомогательных нагрузок для охлаждения теплоносителей.

Так, при снижении температуры до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ для скорости движения 80 км/ч сопротивление движению увеличивается на 7% , что приводит к увеличению суммарного расхода ТЭР на $5,4\%$.

Существуют и субъективные факторы при учете влияния температуры. Например, необходимость осуществления затрат энергии на поддержание микроклимата в салонах пассажирских поездов и мотор-

вагонного подвижного состава (МВПС). Расход ТЭР на отопление МВПС принято относить к расходу на тягу поездов, так как на данном виде подвижного состава отсутствуют специальные счетчики, учитывающие данную составляющую расхода.

Температура воздуха и ее влияние на расход энергии на тягу поездов. Вопрос влияния свойств консистентных смазок в буксах подвижного состава на сопротивление движению был достаточно подробно изучен еще в 1959 г. [1]. Одним из выводов исследования было утверждение о том, что величина сопротивления смазки вращению роликовых подшипников зависит от нагрузки, скорости вращения и особенно от температуры наружного воздуха. Учет влияния температуры на характеристики сопротивления движению, характеристики обмоток тяговых электродвигателей и характеристики дизель-генераторных установок оговорен в источниках, определяющих правила тяговых расчетов (ПТР), например [2, 3]. При этом учитывается влияние температуры ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ на удельное сопротивление движению подвижного состава, приводятся зависимости для расчета электроэнергии на отопление отдельных серий электропоездов, а также пассажирских вагонов. Изменение силы тяги для дизельного ТПС, связанное с изменением мощности дизелей, учитывается при положительных значениях температуры.

Между тем при нормировании расхода ТЭР используется специализированная методическая база, в которой применяется отличный от ПТР подход к учету влияния температуры на расход ТЭР.

Нормативная база для расчета расхода ТЭР на тягу поездов. В современных методических документах ОАО «РЖД», связанных с нормированием расхода ТЭР (табл. 1), используются разные подходы к учету влияния температуры на абсолютный и удельный расход ТЭР. Эти документы были разработаны учеными разных организаций (ОАО «ВНИИЖТ», ОмГУПС, ОАО НИИТКД), и можно с уверенностью предположить, что среди специалистов ОАО «РЖД» отсутствует

■ E-mail: popov.kirill@vniizht.ru (К. М. Попов)

Таблица 1

Методики, связанные с нормированием расхода ТЭР

Table 1

Techniques associated with the regulation of the consumption of fuel and energy resources (FER)

№ п/п	Наименование документа	Разработчик	Особенности учета фактора температуры
1	Методика технического нормирования топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов на основе АРМ-Теплотехника [4]	ВНИИЖТ	Показатели влияния изменения температуры атмосферного воздуха определяются для каждого вида тяги и вида движения по зависимостям удельного расхода ТЭР от среднесуточной температуры атмосферного воздуха, получаемым на основе статистической обработки данных поездок за период не менее года
2	Методика технического нормирования расхода дизельного топлива на маневровую работу [5]	НИИТКД	Приведены общесетевые эмпирические значения коэффициента, определяющие зависимость расхода топлива маневровым тепловозом от температуры атмосферного воздуха
3	Методика оценки влияния температуры атмосферного воздуха на расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов [6]	ОмГУПС	Приводятся общесетевые значения коэффициентов влияния температуры на удельный расход ТЭР с разбивкой по видам тяги и движения. Для грузового движения коэффициент является функцией осевой нагрузки, в пассажирском для электрической тяги — функцией массы поезда. Для маневровой работы и пассажирского движения с дизельной тягой коэффициенты являются константой. Хозяйственный вид движения и МВПС не рассматриваются
4	Методика нормирования, планирования и анализа использования дизельного топлива (электроэнергии) в хозяйственном виде движения для локомотивов по данным бортовых приборов учета или скоростемерных лент [7]	ОмГУПС	Учитывается изменение температуры атмосферного воздуха по месяцам 1-го и 4-го кварталов года, при этом используются среднесетевые значения коэффициентов влияния изменения температуры на изменение удельного расхода ТЭР с разбивкой по видам тяги (т. е. 2 значения)
5	Методика планирования и нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов для МВПС [8]	ВНИИЖТ	Используются уравнения регрессионных зависимостей, полученные статистической обработкой данных об изменении температуры и удельного расхода ТЭР для МВПС и определяемые для каждой серии МВПС при работе на конкретном пригородном участке

единое мнение о порядке учета данного фактора. Ниже приведена попытка обосновать наиболее рациональный подход к решению этого вопроса.

Особенности расчета для локомотивов. Проведенный в ОАО «ВНИИЖТ» [9] анализ значительного количества данных маршрутов машиниста показал, что для определения коэффициентов влияния тем-

пературы на удельный расход ТЭР необходимо эти исходные данные рассматривать отдельно по видам движения (грузовое/пассажирское). Для грузового движения целесообразно также разбивка данных на группы по осевой нагрузке, для пассажирских — по массе поезда. В этом аспекте полученные результаты совпадают с положениями [6]. Однако в [9] отмечено различное влияние температуры на удельный расход электроэнергии во времени, что можно объяснить изменением эксплуатационных факторов, например структуры парка локомотивов и вагонов, используемых на данном участке, и другими. Поэтому зависимость удельного расхода электроэнергии от температуры, на основании которой определяется коэффициент влияния, должна периодически обновляться. Кроме того, при техническом нормировании расхода ТЭР значения коэффициента влияния температуры необходимо рассчитывать для конкретного участка работы.

Обратимся к конкретным примерам. Для получения значений коэффициентов по методике (табл. 2, столбец 3) использовались зависимости и константа из [6]. Примеры обработки статистических данных, на основании которых получены значения коэффициентов по участкам (столбец 4), приведены на рис. 1, 2, 3.

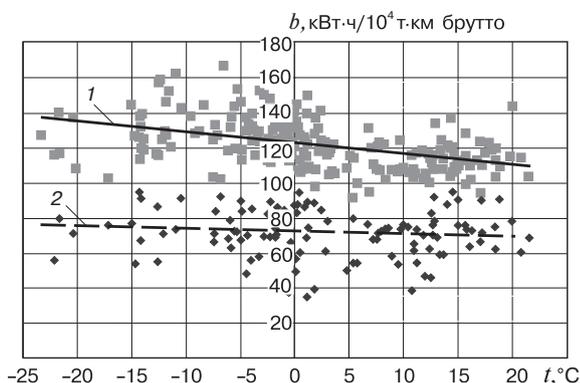


Рис. 1. Влияние температуры атмосферного воздуха на удельный расход электроэнергии для участка Вязьма — Бекасово (грузовое движение): 1 — нагрузка на ось $q \leq 6$ т; 2 — нагрузка на ось $q \geq 18$ т

Fig. 1. Influence of air temperature on the specific energy consumption for the Vyazma — Bekasovo section (freight traffic): 1 — axial load $q \leq 6$ tons; 2 — axial load $q \geq 18$ tons

Для грузового движения при нагрузке на ось 22,5 т на участке Вязьма—Бекасово коэффициент изменения удельного расхода ТЭР при изменении температуры на 1 °С (коэффициент влияния температуры) составил 0,0019, а для участка Абдулино—Дёма — 0,00025 (табл. 2), при этом среднесетевое значение коэффициента равно 0,0014. В первом случае отклонение составило –36% и +82% — во втором. В целом по приведенным примерам отклонение эмпирических значений коэффициентов влияния температуры [9] от среднесетевых значений находится в диапазоне от –146 до +82%.

Оценим, к какой ошибке это может приводить при расчете удельного расхода ТЭР.

Согласно [6] изменение удельного расхода ТЭР Δb за счет изменения температуры определяется с учетом разности температур Δt :

$$\Delta b = \beta_{\tau} \Delta t b,$$

где β_{τ} — температурный коэффициент, определяющий изменение удельного расхода ТЭР при изменении температуры атмосферного воздуха на 1 °С; b — удельный расход ТЭР, кВт·ч (кг)/10⁴ т·км брутто.

Соответственно, ошибка в определении β_{τ} автоматически приведет к аналогичной по величине ошибке в расчете Δb . При допущении об изменении средней за месяц температуры в течение года эксплуатации на величину 30 °С доля Δb в общей величине удельного расхода ТЭР для примеров, рассмотренных в табл. 2, составит от 4,2 до 18,15% (табл. 3).

Исходя из того, что при расчете Δb последняя значащая цифра соответствует первому знаку после запятой [10], определим допустимую погрешность при расчете удельного расхода ТЭР в рассмотренных примерах (столбец 3, табл. 3). Сравнивая эту погрешность

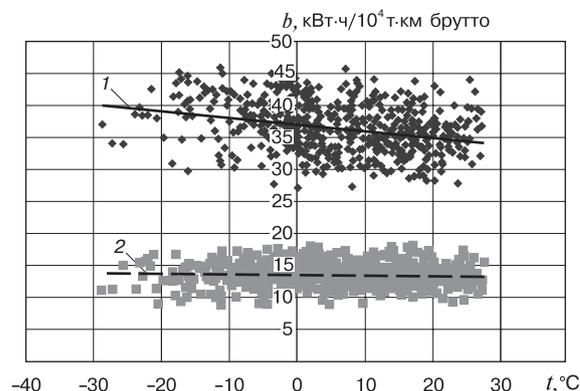


Рис. 2. Влияние температуры атмосферного воздуха на удельный расход топлива для участка Кочетовка-1—Ртищево-2 (грузовое движение): 1 — нагрузка на ось $q \leq 6$ т; 2 — нагрузка на ось $q \geq 18$ т

Fig. 2. Influence of air temperature on the specific energy consumption for the Kochetovka-1—Rtischevo-2 section (freight traffic): 1 — axial load $q \leq 6$ tons; 2 — axial load $q \geq 18$ tons

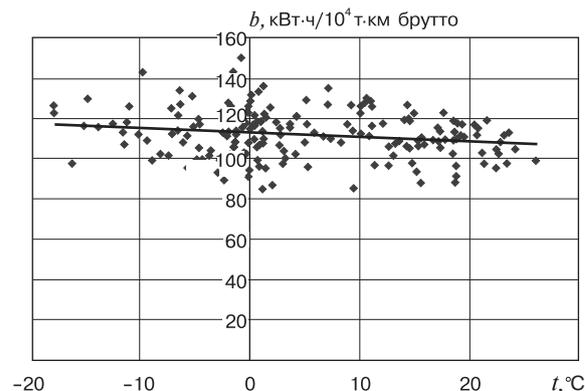


Рис. 3. Влияние температуры атмосферного воздуха на удельный расход электроэнергии для участка Белгород—Орёл (пассажирское движение)

Fig. 3. Influence of air temperature on the specific energy consumption for the Belgorod—Orel section (passenger traffic)

Таблица 2

Отклонения значений температурного коэффициента

Table 2

Deviations of temperature coefficient values

Вид тяги	Вид движения	Коэффициент изменения удельного расхода ТЭР при изменении температуры на 1 °С, °С ⁻¹		Отклонение, %
		По методике [6] (среднесетевые значения)	По статистическим данным для участка работы локомотивных бригад	
Электрическая	Грузовое, нагрузка на ось 22,5 т	0,0014	0,0019 Вязьма—Бекасово	-36
			0,00025 Абдулино—Дёма	+82
	Грузовое, нагрузка на ось 5,5 т	0,0022	0,0051 Вязьма—Бекасово	-132
			0,0029 Абдулино—Дёма	-32
	Пассажирское, масса поезда 800 т	0,0027	0,0018 Белгород—Орёл	+33
	Пассажирское, масса поезда 775 т	0,0028	0,0069 Рязань—Ряжск	-146
Дизельная	Грузовое, нагрузка на ось 22,5 т	0,0035	0,00076 Кочетовка—Ртищево	+78
	Грузовое, нагрузка на ось 5,5 т	0,00605	0,00275 Кочетовка—Ртищево	+54,5
	Пассажирское	0,0042*	0,0037 Мичуринск-Уральский—Ртищево	+12

* согласно [6] коэффициент не зависит от массы поезда

Таблица 3

Результаты расчета погрешностей при определении расхода ТЭР

Table 3

Results of the calculation of errors in determining the consumption of FER

Участок работы локомотивных бригад	Средний удельный расход ТЭР, кВт·ч (кг*)/10 ⁴ т·км брутто	Изменение расхода на 0,5 ед., отнесенное к его величине, %	Доля расхода ТЭР от общей величины, определяемая изменением температуры на 30 °С, %	Ошибка в определении удельного расхода ТЭР, обусловленная отклонением температурного коэффициента, %
Вязьма—Бекасово: нагрузка на ось $\frac{22,5 \text{ т}}{5,5 \text{ т}}$	$\frac{72,8}{123,4}$	$\frac{0,7}{0,4}$	$\frac{4,2}{6,6}$	$\frac{1,5}{8,7}$
Абдулино—Дёма: нагрузка на ось $\frac{22,5 \text{ т}}{5,5 \text{ т}}$	$\frac{70,4}{118,6}$	$\frac{0,7}{0,4}$	$\frac{4,2}{6,6}$	$\frac{3,4}{2,1}$
Белгород—Орёл	113	0,4	8,1	2,7
Рязань—Ряжск	151,5	0,3	8,4	12,3
Кочетовка—Ртищево: нагрузка на ось $\frac{22,5 \text{ т}}{5,5 \text{ т}}$	$\frac{13,5^*}{37,2}$	$\frac{3,6^*}{1,3}$	$\frac{10,5^*}{18,15}$	$\frac{8,2^*}{9,9}$
Мичуринск-Уральский—Ртищево	34,4*	1,4*	12,6*	1,5*

с ошибкой, обусловливаемой степенью влияния температуры на удельный расход ТЭР (столбец 4, табл. 3) и отклонением значений температурных коэффициентов (столбец 5, табл. 2), видим, что во всех рассмотренных примерах ошибка (столбец 5, табл. 3) превышает допустимую погрешность. Это подтверждает тот факт, что учет температурных коэффициентов при нормировании расхода ТЭР на участок следует определять индивидуально на основе статистической обработки данных.

Особенности расчета для МВПС. В одном из первых трудов, оговаривающих расчет норм расхода электроэнергии для электропоездов [11], использовались усредненные величины, представляющие зависимость температурного коэффициента (в данном источнике в отличие от [6] это доля, на которую должна быть увеличена исходная величина расхода) от температуры наружного воздуха (табл. 4) без выделения влияющих факторов.

Однако уже в «Инструкции по техническому нормированию расхода электрической энергии и топлива

тепловозами на тягу поездов» [12] для электропоездов к значению нормы удельного расхода электроэнергии дополнительно прибавляется составляющая именно на отопление поезда (табл. 5). Отдельно отметим, что вопрос расхода топлива на отопление вагонов дизель-поездов в [12] не рассматривается.

Ключевой особенностью инструкции является то, что температурный коэффициент приведен как функция скорости движения, однако не указан порядок учета (усреднения) этого параметра за поездку. Поэтому, например, в более поздней работе [13] расход электроэнергии на отопление определяется в процентах от расхода на тягу поезда (табл. 6) и не дифференцируется по скорости. Величина процента рассчитывается на основе опыта эксплуатации в зависимости от среднемесячной, а при расчете на декаду — от среднедекадной температуры.

В 1989 г. учеными ВНИИЖТ были проведены опыты по нормированию расхода электроэнергии для электропоездов ЭР2Р и ЭР2Т в условиях депо Железнодорожная [14]. Дополнительные затраты энергии на отопление вагонов поезда в зависимости от среднемесячной температуры атмосферного воздуха предлагалось учитывать коэффициентом $K_{от}$ (табл. 7), показывающим долю, на которую должна быть увеличена исходная величина расхода. Значения в табл. 7 практически совпадают с данными, приведенными табл. 6.

Для наглядности табличные данные по зависимостям изменения дополнительного расхода ТЭР от

Таблица 4

Значения температурного коэффициента [11]

Table 4

Temperature coefficient values [11]

Температура, °С	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
$K_{т}$	1,830	1,610	1,383	1,180	1,040	1,000	1,000

Таблица 5

Удельная норма расхода электроэнергии в кВт·ч на 10⁴ т·км брутто на отопление одного вагона электропоезда [12]

Table 5

Specific rate of electricity consumption in kWh per 10⁴ t·km gross for heating one electric train car [12]

Скорость, км/ч	Температура наружного воздуха, °С											
	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
30	16,9	15,35	13,8	12,3	10,7	9,2	7,7	6,15	4,6	3,3	1,53	0
40	12,7	11,5	10,3	9,2	8,05	6,9	5,75	4,6	3,45	2,3	1,15	0
50	10,1	9,2	8,3	7,35	6,45	5,5	4,6	3,68	2,76	1,84	0,92	0
60	8,43	7,66	6,9	6,12	5,36	4,6	3,83	3,06	2,3	1,53	0,77	0
70	7,23	6,6	5,92	5,26	4,6	3,94	3,28	2,63	1,97	1,31	0,66	0
80	6,33	5,75	5,18	4,6	4,03	3,45	2,88	2,3	1,72	1,15	0,57	0

Таблица 6

Зависимость расхода электроэнергии на отопление от температуры [13]

Table 6

Dependence of electric power consumption for heating on temperature [13]

Температура, °С	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5
Расход электроэнергии, %	33	30	27	24	21	18	15	12	8	5

Таблица 7

Коэффициент, учитывающий расход электроэнергии на отопление электропоезда [14]

Table 7

Coefficient taking into account the electric power consumption for electric train heating [14]

$t_{\text{мес.ср.}}, ^\circ\text{C}$	+15 и более	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
$K_{\text{от}}$	1,0	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27	1,30	1,33

действия температуры из табл. 4–7 показаны в виде графиков на рис. 4. На этом рисунке также приведены регрессионная зависимость по данным фактических поездок для участка Москва—Александров (электропоезда ЭД4М), полученная при работе над методикой [8], и результат расчета по серии ЭД4М в соответствии с ПТР [3]. Из рис. 4 видно, что зависимости [12, 13, 14] практически совпадают и значительно отличаются от [11]. Последняя очень близка к регрессионной зависимости, полученной для участка Москва—Александров, и зависимости по ПТР. Например, при температуре -15°C по зависимостям [12, 13, 14] удельный расход ТЭР должен быть увеличен на 18 %, по ПТР — на 44 %, по факту — увеличивается на величину около 45,6 %.

На рис. 5 приведены регрессионные зависимости для участков Сухиничи—Брянск (электропоезда ЭД9), Орёл—Брянск (дизель-поезда РА2). Увеличение расхода у дизель-поезда РА2 при положительных температурах объясняется наличием системы кондиционирования воздуха. Более низкие значения дополнительного расхода ТЭР от действия температуры для участка Сухиничи—Брянск свидетельствует об отличии режимов отопления на данном участке (определяются местными инструкциями, разрабатываемыми

теплотехниками моторвагонных депо) по сравнению с участком Москва—Александров.

С учетом того что в ПТР приводятся зависимости для расчета электроэнергии на отопление для крайне

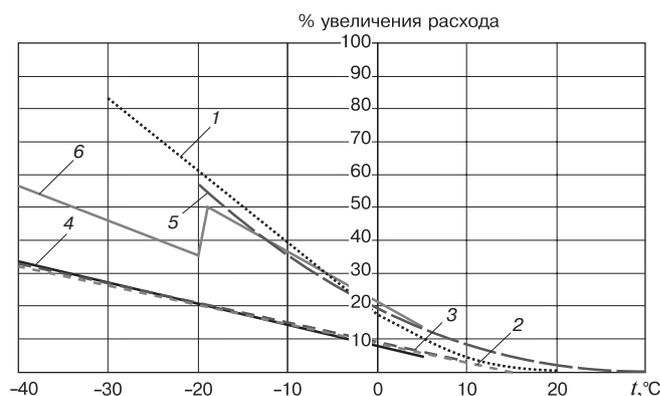


Рис. 4. Зависимости дополнительного расхода ТЭР от температуры для МВПС: 1–4 — зависимости по [11–14] соответственно; 5 — на участке Москва—Александров, ЭД4М (регрессионная зависимость по фактическим данным); 6 — на участке Москва—Александров, ЭД4М (расчет по ПТР)
Fig. 4. Dependencies of the additional consumption of FER on temperature for EMU: 1–4 — dependencies according to [11–14] respectively; 5 — in the section Moscow—Aleksandrov, ED4M (regression dependence on actual data); 6 — on the section Moscow—Aleksandrov, ED4M (calculated according to the RTS)

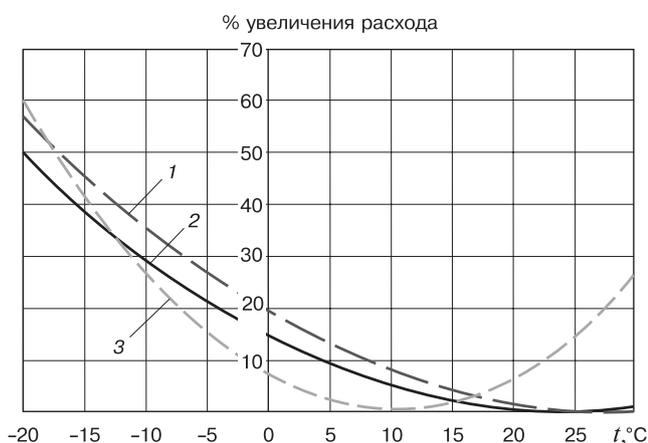


Рис. 5. Эмпирические зависимости дополнительного расхода ТЭР от температуры по участкам: 1 — Москва — Александров, ЭД4М; 2 — Сухиничи — Брянск, ЭД9; 3 — Орёл — Брянск, РА2

Fig. 5. Empirical dependences of the additional consumption of FER on the temperature in the areas: 1 — Moscow — Aleksandrov, ED4M; 2 — Sukhinichi — Bryansk, ED9; 3 — Orel — Bryansk, RA2

ограниченного набора серий электропоездов (ЭД4М, ЭД4Э, ЭД9М, ЭД9Э), порядок расчета расхода на отопление дизель-поездов вообще не рассматривается, а также с учетом наличия в каждом моторвагонном депо местных режимных карт отопления по участкам обслуживания, при разработке [8] было принято решение для МВПС использовать при расчете дополнительного расхода ТЭР от действия температуры уравнения регрессионных зависимостей, полученные статистической обработкой данных об изменении температуры и удельного расхода ТЭР для МВПС и определяемые для каждой серии МВПС при работе на конкретном пригородном участке.

Заключение. 1. Температура атмосферного воздуха имеет значимое влияние на расход ТЭР на тягу поездов, отсутствие учета температурного фактора при нормировании этого расхода будет приводить к ошибке, которая может достигать, например, для локомотивов 12 %.

2. В части документов нормативной базы ОАО «РЖД», определяющей порядок нормирования расхода ТЭР на тягу поездов, коэффициенты влияния температуры задаются как общесетевые значения. При этом для грузового и пассажирского видов движения они являются функцией осевой нагрузки и массы поезда соответственно, для хозяйственного и маневрового видов движения — константой.

3. Сравнение коэффициентов показывает, что использование общесетевых значений при техническом нормировании расхода по участку будет приводить к ошибке определения удельного расхода ТЭР от 1,07 по отношению к допустимой погрешности до многократного ее превышения. Поскольку влияние температуры на расход ТЭР на тягу поездов определяется изменением зависимых от нее характеристик и величин и

при этом выделить влияние температуры на каждую из них крайне затруднительно, то при расчете коэффициентов влияния температуры на расход ТЭР на тягу поездов должны использоваться методы статистической обработки данных об изменении температуры и удельного расхода ТЭР с детализацией по участкам работы локомотивных бригад, а сами значения коэффициентов периодически уточняются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сопротивление консистентных смазок вращению роликовых подшипников железнодорожных бус / В. С. Шадикин [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 1959. № 6. С. 11–15.
2. Бабищев А. М., Егорченко В. Ф. Тяговые расчеты: учеб. для техникумов ж.-д. транспорта. М.: Трансжелдориздат, 1949. 316 с.
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы. М.: ОАО «РЖД», 2014. 516 с.
4. Методика технического нормирования топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов на основе АРМ-Теплотехника: утв. ЦЗС-1 ОАО «РЖД» 21.11.2011 г. М.: ОАО «РЖД», 2011. 50 с.
5. Методика технического нормирования расхода дизельного топлива на маневровую работу: утв. ЦЗС-1 ОАО «РЖД» 29.12.2011 г. М.: ОАО «РЖД», 2011. 26 с.
6. Методика оценки влияния температуры атмосферного воздуха на расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 02 апреля 2012 г. № 640р.
7. Методика нормирования, планирования и анализа использования дизельного топлива (электроэнергии) в хозяйственном виде движения для локомотивов по данным бортовых приборов учета или скоростемерных лент: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 25 декабря 2015 г. № 3075р.
8. Методика планирования и нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов для МВПС: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30 сентября 2014 г. № 2303р.
9. Современная методология технического нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов локомотивами на тягу поездов: сб. науч. тр. ОАО «ВНИИЖТ» / Л. А. Мугинштейн [и др.]. М.: ВМГ-Принт, 2014. 142 с.
10. Положение о планировании и нормировании расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов в ОАО «РЖД»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 1808р от 17.09.2007 г.
11. Молярчук В. С. Теоретические основы методики нормирования расхода топлива и электроэнергии для тяговых средств транспорта. М.: Транспорт, 1966. 263 с.
12. Инструкция по техническому нормированию расхода электрической энергии и топлива тепловозами на тягу поездов: утв. МПС СССР 20 мая 1967 г. № ЦТ-2564. М.: Транспорт, 1968. 48 с.
13. Цукало П. В. Экономия электроэнергии на электроподвижном составе. М.: Транспорт, 1983. 174 с. (Экономия топлива и электроэнергии).
14. Совершенствование электрооборудования электропоездов и высоковольтного оборудования пассажирских вагонов: сб. науч. тр. ВНИИЖТ / под ред. Г. Г. Гомолы. М.: Транспорт, 1992. 128 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

ПОПОВ Кирилл Михайлович, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, научный центр «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» (НЦ ЦМПЭ), АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 28.06.2018 г., принята к публикации 14.09.2018 г.

Consideration of the temperature factor of atmospheric air when determining standard consumption of fuel and energy resources for train traction

K. M. POPOV

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. Influence of air temperature on the consumption of fuel and energy resources (FER) on train traction is due to a number of physical laws. The extent of this effect is specified in the Rules for Traction Settlement (RTS).

At the same time, when rationing FER consumption for train traction, a specialized methodical base is used, which involves a different approach to accounting for the effect of temperature on FER consumption for train traction. At the same time in different documents of this base, the effects of low temperature on the absolute and specific consumption of fuel and energy resources on train traction are taken into account in a different way, which is due to the lack of consensus among specialists on the way this factor is taken into account.

Specialists of JSC "VNIIZhT" carried out an analysis of a significant amount of driver's routes data, results of which showed that the dependence of the specific flow rate on temperature, on the basis of which the corresponding influence coefficient is determined, needs to be periodically updated.

In addition, when technically standardizing the consumption of fuel and energy resources (for the locomotive crew work site), the temperature effect coefficients need to be calculated for a specific work area and direction of motion on it, while using the average network coefficient values will lead to errors.

When calculating additional flow of fuel and energy from the effect of temperature for electric multiple units (EMU), the equations of regression dependencies should be used, obtained by statistical processing of data on temperature changes and specific consumption of fuel and energy resources for EMU and determined for each series of EMU when working on a particular suburban area.

Keywords: air temperature; temperature coefficient; fuel and energy resources; operational factors; rationing; heating

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-6-375-381>

REFERENCES

1. Shadikyan V.S., Kore I.D., Kogan M.S., Turkan I.G. *Soprotivlenie konsistentnykh smazok vrashcheniyu rolikovykh podshipnikov zheleznodorozhnykh buks* [Hard grease resistance to rotation of roller bearings of axle boxes]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 1959, no. 6, pp. 11–15.
2. Babichkov A.M., Egorchenko V.F. *Tyagovye raschety. Ucheb. dlya tekhnikumov zh.-d. transporta* [Traction calculations. Reference book for technical schools of transport]. Moscow, Transzheldorizdat Publ., 1949, 316 p.
3. *Rules of traction calculations for train work*. Moscow, JSC "RZD" Publ., 2014, 516 p. (in Russ.).
4. *Methods of technical rationing of fuel and energy resources for train traction based on AWS-Thermal Engineering*. Approved by the TsZS-1 of the JSC "RZD" on November 21, 2011. Moscow, JSC "RZD" Publ., 2011, 50 p. (in Russ.).

5. *Methods of technical regulation of diesel fuel consumption for shunting work*. Approved by the TsZS-1 of the JSC "RZD" on December 29, 2011. Moscow, JSC "RZD" Publ., 2011, 26 p. (in Russ.).

6. *Methods of assessing the impact of air temperature on the consumption of fuel and energy resources on train traction*. Approved by the order of the JSC "RZD" dated April 02, 2012 No. 640r (in Russ.).

7. *Methods of rationing, planning and analysis of the use of diesel fuel (electricity) in the economic mode of motion for locomotives according to onboard metering devices or speedometer tapes*. Approved by the order of the JSC "RZD" dated December 25, 2015 No. 3075r (in Russ.).

8. *Methods of planning and rationing the consumption of fuel and energy resources for train traction for the EMU*. Approved by the order of the JSC "RZD" dated September 30, 2014 No. 2303r (in Russ.).

9. Muginshcheyn L.A., Molchanov A.I., Vinogradov S.A., Popov K.M., Shkol'nikov E.N. *Sovremennaya metodologiya tekhnicheskogo normirovaniya raskhoda toplivno-energeticheskikh resursov lokomotivami na tyagu poezdov*. Sb. nauch. tr. OAO "VNIIZhT" [Modern methodology of technical regulation of fuel and energy resources consumption by locomotives for train traction. Proc. of scientific papers of JSC "VNIIZhT"]. Moscow, VMG-Print Publ., 2014, 142 p.

10. *Regulations on planning and rationing of fuel and energy resources consumption for traction of trains in JSC "Russian Railways"*. Approved by the order of the JSC "RZD" dated September 17, 2007 No. 1808r (in Russ.).

11. Molyarchuk V.S. *Teoreticheskie osnovy metodiki normirovaniya raskhoda topliva i elektroenergii dlya tyagovykh sredstv transporta* [Theoretical basis of the methods of rationing fuel consumption and electricity for traction vehicles]. Moscow, Transport Publ., 1966, 263 p.

12. *Instructions for the technical regulation of the consumption of electrical energy and fuel by diesel locomotives for traction trains*. Approved by the Ministry of Railways of the USSR on May 20, 1967 No. TsT-2564. Moscow, Transport Publ., 1968, 48 p. (in Russ.).

13. Tsukalo P.V. *Ekonomiya elektroenergii na elektropodvizhnom sostave* [Electricity savings in electric rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1983, 174 p.

14. Gomola G.G. *Sovershenstvovanie elektrooborudovaniya elektropoezdov i vysokovol'nogo oborudovaniya passazhirskikh vagonov*. Sb. nauch. tr. VNIIZhT [Improvement of electrical equipment of electric trains and high-voltage equipment of passenger cars. Proc. of scientific papers of VNIIZhT]. Moscow, Transport Publ., 1992, 128 p.

ABOUT THE AUTHOR

Kirill M. POPOV,

Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Scientific Center "Digital models of transportation and energy-saving technologies" (SC DMTE), JSC "VNIIZhT"

Received 28.06.2018

Accepted 14.09.2018

■ E-mail: popov.kirill@vniizht.ru (K. M. Popov)