

Окончание таблицы 2

Вариант обработки	Количество присадки	[Al] <sub>кон</sub>	[S] <sub>кон</sub>	[V] <sub>кон</sub>	[N] <sub>г</sub>	[O] <sub>г</sub>
4 (ПТ)	Al – 0,1 KM FeVAICa – 0,15	0,047	0,018	0,029	0,0316	0,0052
5 (ПТ)	Al – 0,1 KM FeVAICa – 0,18	0,054	0,017	0,035	0,0390	0,0038
6 (ПТ)	Al – 0,1 KM FeVAICa – 0,2	0,059	0,015	0,041	0,0447	0,0030

*Примечание* – ТТ – традиционная технология; ПТ – предложенная технология; СК – силикокальций; КМ – комплексный модификатор.

Результаты исследования механических свойств стали марки 20ГЛ после термической обработки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Механические свойства стали марки 20ГЛ

Вариант	Категория свойств					
	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup> , при –60 °С	Твердость, по Бринеллю, НВ
1 (ТТ)	518	622	23	62	15,9	197
2 (ТТ)	535	642	21	58	19,5	202
3 (ПТ)	557	678	20	49	21,9	217
4 (ПТ)	601	726	17	44	26,1	229
<b>5 (ПТ)</b>	<b>624</b>	<b>791</b>	<b>14</b>	<b>40</b>	<b>33,2</b>	<b>248</b>
6 (ПТ)	639	828	12	37	28,5	275
<b>Значение по ГОСТ 22703-2012, не менее</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>12,0</b>	<b>25,0</b>	<b>15</b>	<b>192–262</b>

*Примечание* – ТТ – традиционная технология; ПТ – предложенная технология.

Как видно из данных, приведенных в таблице 3, наиболее высокие значения по механическим свойствам получены при обработке металла с комплексным модификатором FeVAICa по вариантам 4–6. Но 6-й вариант не соответствует по твердости, согласно требованиям ГОСТ 22703-2012, поэтому самым оптимальным является 5-й вариант. Результаты исследования показали, что при ковшовой обработке стали марки 20ГЛ с комплексным модификатором FeVAICa при добавлении 0,18 % от массы жидкого металла и содержании ванадия [V] = 0,035 % повышаются механические свойства, такие как временное сопротивление до 33 %, предел текучести – до 20,5 %, твердость – до 26 %, особенно значение ударной вязкости (в 2 раза больше, чем при технологии по базовому варианту 1). Это объясняется, прежде всего, уменьшением количества неметаллических включений в стали и их более равномерным распределением в объеме металла.

#### Список литературы

- 1 ГОСТ 22703-2012. Детали литые сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.
- 2 Совершенствование процесса дефосфорации стали в индукционных тигельных печах / Н. К. Турсунов [и др.] // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* – 2022. – № 6 (99). – С. 38–42.
- 3 **Tursunov, T. M.** Investigation of heat exchange processes in the lining of induction furnaces / T. M. Tursunov, N. K. Tursunov, T. T. Urazbaev // *Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering (CONMECHYDRO : V International Scientific Conference.* – 2023. – Vol. 401. – P. 05029.

УДК 629.423.1:629.43

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ ЛОКОМОТИВАМИ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема рационального расхода энергоресурсов на тягу поездов весьма актуальна. Поэтому очень важна объективность оценки эффективности внедряемых инноваций, направленных на энер-

госбережение. Важное значение имеет также объективное сравнение энергоэффективности работы разных серий локомотивов. Сравнительный анализ расхода энергоресурсов на тягу поездов является основой для расчета экономического эффекта от внедрения инновационных разработок или обновления локомотивного парка.

В результате сложившейся многолетней практики оценку эффективности предлагаемых топливо(энерго)сберегающих инноваций выполняют по изменению расхода топлива (электроэнергии), приходящегося на измеритель перевозочной работы – удельному расходу [1, 2]. При этом, по данным из маршрутов машиниста, в координатах удельный расход топлива (электроэнергии) на тягу поездов (перевозочная работа) наносят точки, каждая из которых представляет одну поездку. Для полученного семейства точек строят линию тренда, которая показывает усредненную зависимость удельного расхода энергоресурсов на тягу поездов от выполненной перевозочной работы.

Воспользовавшись функциями, описывающими линии тренда, например, для разных серий тепловозов и нанося эти линии на общую координатную сетку, можно как визуально, так и аналитически сравнить величину и знак разности удельных расходов топлива в зависимости от выполненной перевозочной работы.

Сложнее выполнить сравнение расхода энергоресурсов тепловозами и электровозами.

Расход дизельного топлива и электроэнергии измеряется в разных единицах. Для сравнения их следует перевести в килограммы условного топлива или в стоимость энергоресурсов в рублях.

Источник энергоресурсов для тепловоза находится в топливном баке тепловоза и расход топлива фиксируется в маршруте машиниста по результатам измерения количества топлива в топливном баке. Источник электроэнергии для электровоза – электростанция, а расход фиксируется по показаниям счетчиков на электровозе. Потери на пути от электростанции до электровоза не учитываются, а следовательно, делают некорректным сравнение энергоэффективности тепловозов и электровозов.

Поскольку железная дорога оплачивает электроэнергию, поступившую на тяговую подстанцию, необходимо скорректировать значение расхода электроэнергии зафиксированного в маршруте машиниста учитывая КПД тяговой подстанции и контактной сети.

На рисунке 1 для грузового движения приведены зависимости затрат на удельный расход энергоресурсов от выполненной перевозочной работы для тепловозов 2ТЭ10М (МК) и электровозов БКГ2. При этом для электровозов КПД тяговой подстанции и контактной сети не учитывался.

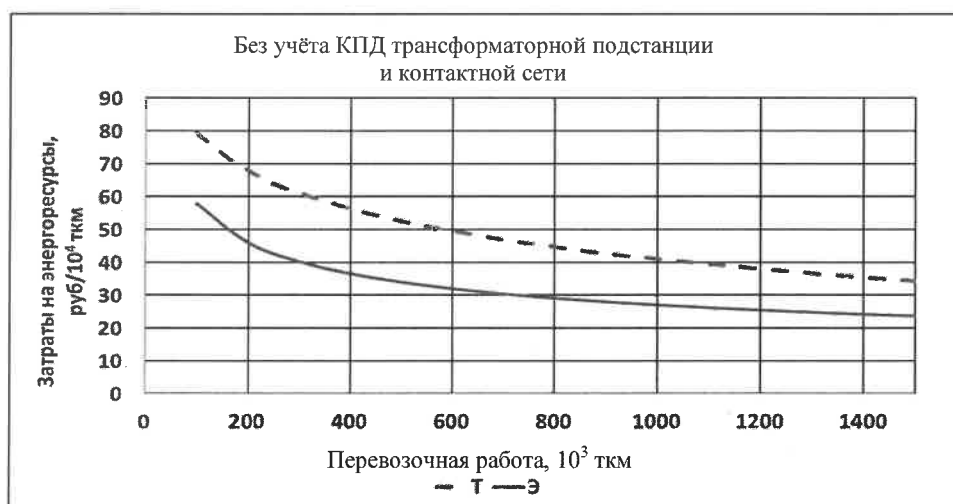


Рисунок 1

На рисунке 2 приведены аналогичные зависимости, но КПД тяговой подстанции и контактной сети учтены.

Аналогичное сравнение выполнено для локомотивов ТЭП70 и ЧС-4Т пассажирского движения. Результаты приведены на рисунке 3.

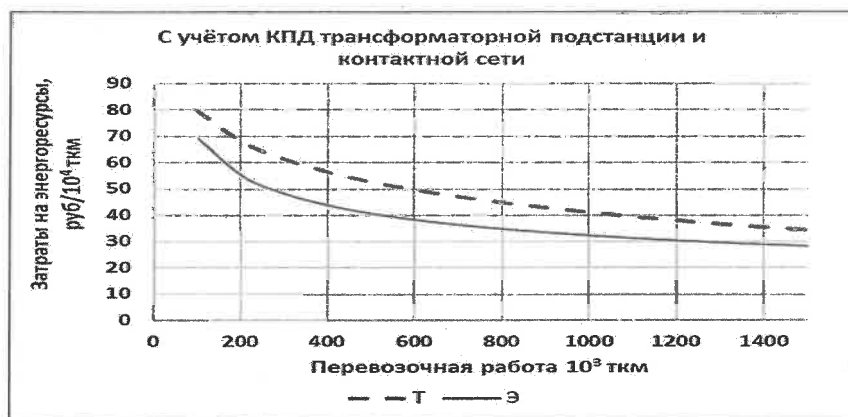


Рисунок 2

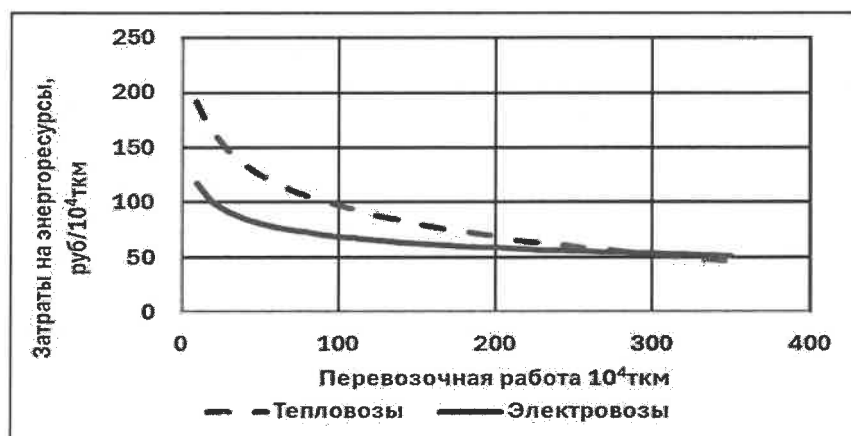


Рисунок 3

Для большей объективности сравнения следует учитывать и потери на пути от электростанции до тяговой подстанции.

#### Список литературы

- 1 Френкель, С. Я. Об исследовании эксплуатационных факторов, определяющих расход дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Совершенствование конструкции и системы обслуживания локомотивов : межвуз. сб. науч. тр. / С.-Петерб. гос. ун-т путей сообщения ; под ред. А. В. Гриценко. – СПб. : ПГУПС, 2004. – С. 72–76.
- 2 Френкель, С. Я. Оценка эффективности топливосберегающих технических решений для тепловозов / С. Я. Френкель, Б. С. Френкель // Вестник БелГУТА: Наука и транспорт. – 2012. – № 1 (24). – С. 15–18.

УДК 629.4.018

### ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОМПОНЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*А. А. ХОМЕНКО, С. Л. САМОШКИН, А. О. ВОРОБЬЕВ*  
 АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»),  
 Российская Федерация

*М. И. ВИШНЯКОВ*  
 АО «Трансмашхолдинг», г. Москва, Российская Федерация

В железнодорожной отрасли России всё больше подвижного состава (ПС) поставляется заказчикам по контракту жизненного цикла (далее – КЖЦ).

Первым этапом перехода стала передача локомотивных сервисов в частные организации в 2014 году [1], в этом же году поставки в московский метрополитен вагонов производства АО «Метровагон-