

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДГУ ТЕПЛОВЗОВ

*А.Н. Головаш, С.М. Кузнецов*

Техническое нормирование расхода дизельного топлива тепловозами невозможно без учета технического состояния его дизель-генераторной установки (ДГУ). Критерием учета технического состояния в работе принимается расход дизельного топлива на единицу выполненной работы. Контроль состояния ДГУ производится на пункте реостатных испытаний в соответствии с действующими в ОАО «РЖД» Руководствами.

*Ключевые слова:* техническое нормирование, теплотехническое состояние, бортовые системы, реостатные испытания.

Снижение энергоемкости перевозок и расхода дизельного топлива (далее – топлива) на тягу поездов в ОАО «РЖД» осуществляется по следующим направлениям: улучшение показателей использования локомотивов, применение ресурсосберегающих технических средств и технологий, снижение уровня непроизводительных энергозатрат, использование новых и модернизированных серий локомотивов, использование механизма мотивации энергосбережения [1].

В связи с этим следует отметить, что незадействованным резервом в решении проблемы экономии энергоресурсов на тягу поездов остается обеспечение номинального уровня энергетической эффективности локомотивов в эксплуатации.

Техническое состояние тепловозов характеризуется помимо широко используемых технических показателей, также и уровнем энергетической эффективности или так называемым «теплотехническим состоянием». В эксплуатации данная характеристика применяется для количественного упорядочения оценок технического состояния как отдельно взятого локомотива, так и парка локомотивов в целом. Система оценок об удовлетворительном или неудовлетворительном теплотехническом состоянии локомотива классифицируется по номинальной (назывной) шкале, исходя из принципа соответствия уровню номинала (нормы) энергетической эффективности. Норма расхода ТЭР на поездку должна соответствовать номинальному уровню энергетической эффективности локомотива [2].

В эксплуатации энергетическую эффективность оценивают путем сравнения фактического расхода топлива тепловозов с нормой. Мерой оценки этого состояния является количественный признак, который отражает объем сэкономленного или перерасходованного топлива за календарное время: декаду, месяц, год.

Ежемесячно на основании накопленных данных о расходовании топлива тепловозами эксплуатируемого парка в депо проводится анализ. За отчетный период выводят нарастающим итогом количество топлива, которое перерасходовано или сэкономлено как по каждому локомотиву в отдельности, так и по парку в целом. Если итоговый расход превышает установленное право его расхода, то считается, что локомотив работает с перерасходом энергоресурсов и его энергетическая эффективность неудовлетворительная.

По результатам анализа принимаются решения:

- о продолжении эксплуатации тепловозов;
- об изменении нормы расхода на измеритель выполненной работы;
- о необходимости проведения технического обслуживания (ТО) или текущего ремонта (ТР) тепловозов;
- о неплановой регулировке или замене оборудования тепловозов.

Существующая технология анализа энергетической эффективности тепловозов, основанная на принципе простого сравнения фактического расхода топлива с нормой, является малоэффективной по следующим причинам:

- неадекватности теоретических (усредненных в пределах горизонта минирования) и фактических (текущих) значений факторов расхода топлива;

- позднего обнаружения момента систематического рассогласования нормативного и фактического значений расхода топлива;
- неоперативного проведения организационно-технических действий, направленных на устранение причин несоответствия нормативного и фактического значений расхода топлива.

Основной причиной сложившегося положения является отсутствие механизма оперативного обнаружения и анализа перерасхода ТЭР, вызванного изменением энергетической эффективности локомотива, как из-за ухудшения его технического состояния, так и вследствие изменения условий эксплуатации.

С этой целью в 2008 году в ОАО «Научно-исследовательский институт технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта» (г. Омск) разработан аппаратно-программный комплекс «Борт» (АПК «Борт»). Основной задачей комплекса является регистрация параметров работы ДГУ тепловозов с последующим анализом накопленных данных. Комплекс позволяет: выявить несанкционированные сливы топлива; оценить состояние систем тепловоза как в режиме реального времени, так и при анализе накопленных данных; объективно нормировать расход топлива; отслеживать пробег тепловоза, горячего простоя, заглушенного состояния, работы тягового генератора.

Существующая методика расчета норм расхода топлива на маневровую работу основана на опытных данных с учетом выполнения задаваемых планов по переработке вагонов, в соответствии с «Инструкцией по техническому нормированию расхода электрической энергии и топлива на тягу поездов». Для расчета норм расхода топлива на маневровую работу путем опытных поездов определяют часовой расход топлива при температурных условиях на момент поездки и величину выполнения плана по количеству переработанных вагонов. Норму расхода топлива на простой локомотив в рабочем состоянии устанавливают на один час простоя локомотива.

В существующей методике нормирования маневровых локомотивов невозможно учесть расход топлива, затраченный на работу по перемещению состава, на восполнение потерь кинетической энергии поезда, связанных с остановками и затратами на разгон состава, на работу двигателя на холостом ходу. Погрешность нормирования зависит и от соблюдения правил эксплуатации локомотива, который также не может быть учтен при опытных поездках.

Анализ существующих методов технического нормирования свидетельствует об отсутствии в эксплуатации унифицированной, приемлемой для практических расчетов с учетом конкретных условий эксплуатации, методик определения технических норм расхода топлива.

Унифицированная и пригодная для практических расчетов методика расчета технических норм расхода топлива должна учитывать следующие требования:

- учет основных факторов, равно влияющих на расход топлива локомотивом в эксплуатации;
- выполнение расчетов должно осуществляться оперативно, с использованием ЭВМ;
- измеритель удельного расхода топлива должен характеризовать сущность выполняемой работы.

Совместно с НТЭЦ Западно-Сибирской железной дороги по данным АПК «Борт» разработана методика технического нормирования расхода дизельного топлива на маневровую работу. Функциональный заказчик работы Центр планирования и нормирования материальных ресурсов ОАО «РЖД».

Техническое нормирование расхода топлива при выполнении маневровой работы тепловозами, оборудованными бортовыми системами, основывается на данных этих систем о выполненной работе и расходе топлива. Технические нормы расхода топлива должны соответствовать номинальному уровню энергетической эффективности локомотива.

Установка на тепловозах бортовых систем регистрации параметров работы тепловоза и учета дизельного топлива позволяет учитывать работу, выполняемую тепловозом методом определения мощности генераторной установки и времени работы в режиме тяги и в режиме холостого хода с записью на съемные элементы памяти переменных значений. Это дает возможность определить, какую мощность дизель-генераторной установки затрачивает тепловоз на выполнение работ.

Учитывая разное техническое состояние ДГУ локомотивов при едином методе технического нормирования, стоит вопрос корректировки технических норм в зависимости от теплотехнического состояния тепловоза.

Анализ значений удельных расходов топлива маневровых тепловозов ТЭМ2 на станциях показывает, что в режиме тяги они находятся в пределах технических характеристик ДГУ и изменяются в зависимости от реализуемой мощности.

Исследование параметров ДГУ тепловоза по данным АПК «Борт» при проведении реостатных испытаний показало, что для оценки теплотехнического состояния можно использовать критерий, определяемый отношением фактического и расчетного значений расхода топлива.

В качестве критерия принимаем коэффициент теплотехнического состояния ДГУ  $i$ -го тепловоза по данным реостатных испытаний  $k_{i \text{ тех}}$ , который можно определить по формуле

$$k_{i \text{ тех}} = \frac{B_{i \text{ нагр. реост}}^{\text{факт}}}{B_{i \text{ нагр. реост}}^{\text{расч}}}, \quad (1)$$

где  $B_{i \text{ нагр. реост}}^{\text{факт}}$  – фактическое значение расхода топлива ДГУ  $i$ -го тепловоза под нагрузкой при проведении реостатных испытаний, с учетом работы вспомогательных агрегатов, кг;

$B_{i \text{ нагр. реост}}^{\text{расч}}$  – расчетное значение расхода топлива ДГУ  $i$ -го тепловоза под нагрузкой при проведении реостатных испытаний, с учетом работы вспомогательных агрегатов, кг.

Фактическое значение расхода топлива ДГУ  $i$ -го тепловоза под нагрузкой  $B_{i \text{ нагр. реост}}^{\text{факт}}$  определяется по данным бортовой системы, как разность количества топлива, израсходованного всего при реостатных испытаниях и количества топлива, израсходованного на холостом ходу,

$$B_{i \text{ нагр. реост}}^{\text{факт}} = B_{i \text{ реост}}^{\text{факт}} - B_{i \text{ хх реост}}^{\text{факт}}. \quad (2)$$

Расчетное значение расхода топлива ДГУ  $i$ -го тепловоза под нагрузкой на реостатных испытаниях  $B_{i \text{ нагр. реост}}^{\text{расч}}$  определяется по данным часового расхода топлива под нагрузкой по позициям контроллера машиниста (КМ), полученного из расхода топлива по позициям и времени испытания под нагрузкой по позициям КМ, приведенных в Методике расчета расхода дизельного топлива на проведение реостатных испытаний тепловозов, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 04.04.2011 г. № 696Р (далее Методика).

Расчетный расход топлива под нагрузкой на  $k$ -й позиции КМ, определяется по формуле

$$B_{\text{нагр. реост. } k}^{\text{расч}} = \frac{B_{\text{нагр. реост. } k}^{\text{табл}}}{T_{\text{реост. нагр. } k}^{\text{табл}} \cdot 0,0167}, \text{ кг/ч}, \quad (3)$$

где  $B_{\text{нагр. реост. } k}^{\text{табл}}$  – расход топлива под нагрузкой на  $k$ -й позиции КМ по данным таблиц Методики, кг;

$T_{\text{реост. нагр. } k}^{\text{табл}}$  – время работы ДГУ под нагрузкой на  $k$ -й позиции КМ по данным таблиц Методики, мин.

Время работы ДГУ  $i$ -го тепловоза в режиме нагрузки по позициям КМ  $T_{\text{реост. нагр. } k}^{\text{табл}}$  определяется по данным бортовой системы.

Для  $i$ -го тепловоза расчетный расход топлива под нагрузкой определяется по формуле

$$B_{i \text{ нагр}}^{\text{расч}} = \sum_{k=1}^n B_{i \text{ нагр. } k}^{\text{расч}} T_{\text{реост. нагр. } k}^{\text{расч}}. \quad (4)$$

Расход топлива в режиме холостого хода определяем по формуле

$$B_{i \text{ хх}} = T_{i \text{ хх}} g_{\text{хх}}, \quad (5)$$

где  $T_{i \text{ хх}}$  – время работы тепловоза в режиме холостого хода при проведении реостатных испытаний, ч;

$g_{\text{хх}}$  – часовой расход топлива на холостом ходу по данным Методики, кг/ч.

Например, при техническом нормировании расхода топлива за смену для тепловоза серии ТЭМ2, работающего на участке маневровых работ – станция Московка, Западно-Сибирской ж. д. АПК «Борт» определил время работы ДГУ на разных режимах:

- время работы тепловоза за смену – 12 ч;
- время работы тепловоза в тяге – 6,92 ч;
- время работы тепловоза на холостом ходу – 4,48 ч (на нулевой позиции – 3,5 ч; на первой позиции – 0,38 ч; на второй позиции – 0,4 ч; на третьей позиции – 0,2 ч);

– время нахождения ДГУ тепловоза в заглушенном состоянии – 0,6 ч;

Расход дизельного топлива за смену составил 154 кг.

Для определения коэффициента теплотехнического состояния ДГУ тепловоза берем данные АПК «Борт» на последних реостатных испытаниях:

– время проведения испытаний – 3,78 ч;

– время работы на холостом ходу – 0,28 ч;

– время работы под нагрузкой – 3,43 ч;

– время работы под нагрузкой по позициям (1 – 0,13 ч; 2 – 0,12 ч; 3 – 0,2 ч; 4 – 0,3 ч; 5 – 0,38 ч; 6 – 0,6 ч; 7 – 0,75 ч; 8 – 0,95 ч);

– расход топлива общий – 494 кг.

Расход топлива на холостом ходу рассчитываем по формуле (5):

$$B_{i \text{ хх}} = 0,28 \cdot 9 = 2,52 \text{ кг}.$$

Фактический расход топлива под нагрузкой определяем по формуле (2):

$$B_{i \text{ нагр.реост}}^{\text{факт}} = B_{i \text{ реост}}^{\text{факт}} - B_{i \text{ реост. хх}}^{\text{факт}} = 494 - 2,52 = 491,48 \text{ кг}.$$

Расчетный часовой расход топлива по позициям определяем по формуле (3):

$$B_{\text{нагр.реост.1}}^{\text{расч}} = \frac{B_{\text{нагр.реост.1}}^{\text{табл.}}}{T_{\text{реост.нагр.1}}^{\text{табл.}} \cdot 0,0166} = \frac{2,82}{10 \cdot 0,0166} = 16,98 \text{ кг/ч}.$$

Расчетный расход топлива под нагрузкой определяется по формуле (4):

$$B_{i \text{ нагр.реост}}^{\text{расч.}} = 16,9 \cdot 0,13 + 38,8 \cdot 0,12 + 53,3 \cdot 0,2 + 72,7 \cdot 0,3 + \\ + 95,2 \cdot 0,38 + 128,3 \cdot 0,6 + 166,5 \cdot 0,75 + 200,5 \cdot 0,95 = 467,87 \text{ кг}.$$

Коэффициент теплотехнического состояния ДГУ тепловоза определяем по формуле (1):

$$k_{i \text{ тех}} = \frac{B_{i \text{ нагр.реост}}^{\text{факт}}}{B_{i \text{ нагр.реост}}^{\text{расч}}} = \frac{491,45}{467,87} = 1,05.$$

Величина технической нормы расхода топлива определяется по формуле

$$B_{i \text{ смена}}^{\text{расч}} = (B_{i \text{ тяга}}^{\text{расч}} + B_{i \text{ хх}}^{\text{расч}}) k_i k_{i \text{ тех}}, \text{ кг}, \quad (6)$$

где  $B_{i \text{ тяга}}^{\text{расч}}$  – расчетное значение расхода топлива для  $i$ -го тепловоза в режиме тяги за смену, кг;

$B_{i \text{ хх}}^{\text{расч}}$  – расчетное значение расхода топлива в режиме холостого хода для  $i$ -го тепловоза за смену, кг;

$k_i$  – коэффициент зависимости расхода топлива маневровым тепловозом от температуры атмосферного воздуха.

С учетом коэффициентов формулы (6) техническая норма расхода топлива тепловозом составляет:

$$B_{i \text{ смена}}^{\text{расч}} = (84 + 40,5) \cdot 1,16 \cdot 1,05 = 151,64 \text{ кг}.$$

Без учета коэффициента теплотехнического состояния она бы оставила 144,42 кг, что на 7,22 кг меньше, чем с учетом коэффициента.

В данном примере по данным бортовой системы фактический расход топлива для рассматриваемого локомотива ТЭМ2 составил 154 кг.

Перерасход или экономия топлива ( $\Delta$ ) определяется сравнением фактического расхода с расчетным по формуле:

$$\Delta = 154 - 151,64 = 2,36 \text{ кг}.$$

Данный тепловоз за рассматриваемую смену перерасходовал 2,36 кг топлива (1,5 %).

Без учета коэффициента теплотехнического состояния величина перерасхода составила бы около 10 кг.

Таким образом, учет теплотехнического состояния ДГУ тепловоза при техническом нормировании расхода топлива позволяет объективнее оценивать работу локомотивных бригад с учетом фактически выполненной маневровой работы.

### *Литература*

1. Бушуев, В.В. *Энергетика России. Стратегия развития. Научное обоснование энергетической политики* / В.В. Бушуев. – М.: Энергия, 2005. – 800 с.
2. Игин, В.Н. *Научные основы анализа и контроля энергетической эффективности эксплуатируемого парка тепловозов: дис. ... д-ра техн. наук* / В.Н. Игин. – М., 2002. – 301 с.

**Головаш Анатолий Нойович**, канд. техн. наук, главный научный руководитель ОАО «Научно-исследовательский институт технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта» (ОАО «НИИТКД»), руководитель научной школы «Эксплуатационная надежность подвижного состава» (г. Омск); corp@niitkd.ru.

**Кузнецов Сергей Михайлович**, канд. техн. наук, доцент, заместитель генерального директора по сервисному обслуживанию ОАО «Научно-исследовательский институт технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта» (ОАО «НИИТКД») (г. Омск); KuznetsovSM@niitkd.ru.

---

*Bulletin of the South Ural State University*  
*Series "Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics"*  
*2014, vol. 14, no. 1, pp. 116–120*

---

## **METHOD OF DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF LOCOMOTIVE DIESEL GENERATORS**

**A.N. Golovash**, "Scientific and research institute of technology, control and diagnosis of railway transport" JSC ("NIITKD" JSC), Omsk, Russian Federation, corp@niitkd.ru,

**S.M. Kuznetsov**, "Scientific and research institute of technology, control and diagnosis of railway transport" JSC ("NIITKD" JSC), Omsk, Russian Federation, KuznetsovSM@niitkd.ru

Technical regulation of diesel fuel consumption by locomotives is impossible without taking into account technical condition of its diesel generator. Accounting criteria of the technical condition in operation is diesel fuel consumption per unit of work performed. Diesel generator status control is made at the rheostat tests station in accordance with the "Russian Railways" JSC guidelines.

*Keywords: technical regulation, thermotechnical condition, board systems, rheostat tests.*

### **References**

1. Bushuyev V.V. *Energetika Rossii. Strategiya razvitiya. Nauchnoe obosnovanie energeticheskoy politiki* [Russian Energy. Development Strategy. Scientific Substantiation of Energy Policy]. Moscow, Energiya, 2005. 800 p.
2. Igin V.N. *Nauchnye osnovy analiza i kontrolya energeticheskoy effektivnosti ekspluatiruemogo parka teplovozov: dis...d-ra tekhn. nauk* [Scientific Bases for Analysis and Control of Energy Efficiency of Locomotives' Fleet: the Dissertation of the Doctor of Engineering]. Moscow, 2002. 301 p.

*Поступила в редакцию 5 сентября 2013 г.*