

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ (ДИЗЕЛЕЙ)

В. Н. ВАСИЛЬЕВ*

Кафедра тепловых машин Будапештского Политехнического Университета

(Поступила 20 мая 1968 г.)

Представлена проф. Д. Бродским

Работа тепловозных двигателей внутреннего сгорания (дизелей) имеет ряд характерных особенностей по сравнению с эксплуатацией двигателей, установленных на электростанциях, морских и речных судах (особенно дизелей большой мощности). Основное отличие заключается в широком диапазоне реализуемых мощностей (N_e) и чисел оборотов коленчатого вала (n_g), а также в многократном изменении этих параметров в процессе эксплуатации от минимальных до максимальных значений.

Экономичность работы дизелей принято оценивать рядом энерго-экономических показателей. Чаще всего пользуются величиной удельного эффективного расхода топлива при работе дизеля на номинальном режиме (g_e^H , г/э. л. с. ч.). Для современных тепловозных двигателей эта величина находится в пределах 150—180 г/э. л. с. ч. В таблице 1 приведены данные по изменению величины удельного эффективного расхода топлива и некоторые другие параметры для нескольких тепловозных двухтактных дизелей.

Однако в силу специфики работы тепловозных дизелей оценивать эксплуатационную экономичность (g_e^3 , г/э. л. с. ч.) величиной удельного эффективного расхода топлива на номинальном режиме не представляется возможным, так как с изменением величин N_e и n_g меняется удельный расход топлива, то есть $g_e = f(N_e, n_g)$. На рис. 1 приведены нагрузочные характеристики нескольких советских дизелей, которые свидетельствуют о снижении экономичности в зоне частичных нагрузок (особенно характерно это для дизелей 2Д100 и 10Д100). Основные причины этого следующие:

1) плохое совмещение характеристик дизеля с характеристиками агрегатов воздухообеспечения (особенно неудовлетворительно в двухтактных двигателях с приводным нагнетателем);

* Московский институт инженеров железнодорожного транспорта; кафедра «Локомотивы и локомотивное хозяйство».

Таблица 1

Удельный эффективный расход топлива и некоторые

№ П/п	Наименование параметров	Обозначение	Размерность	2Д100
1	Эффективная цилиндр. мощность	N_e	э. л. с.	200
2	Число и располож. цилиндров	—	—	10 П
3	Число оборотов кол. вала	n_g	об/мин	850
4	Диаметр цилиндра	d	мм	207
5	Среднее эффективное давление	p_e	кг/см ²	6,23
6	Удельный эффективный расход топлива на номин. режиме	g_e	г/э. л. с. ч.	175

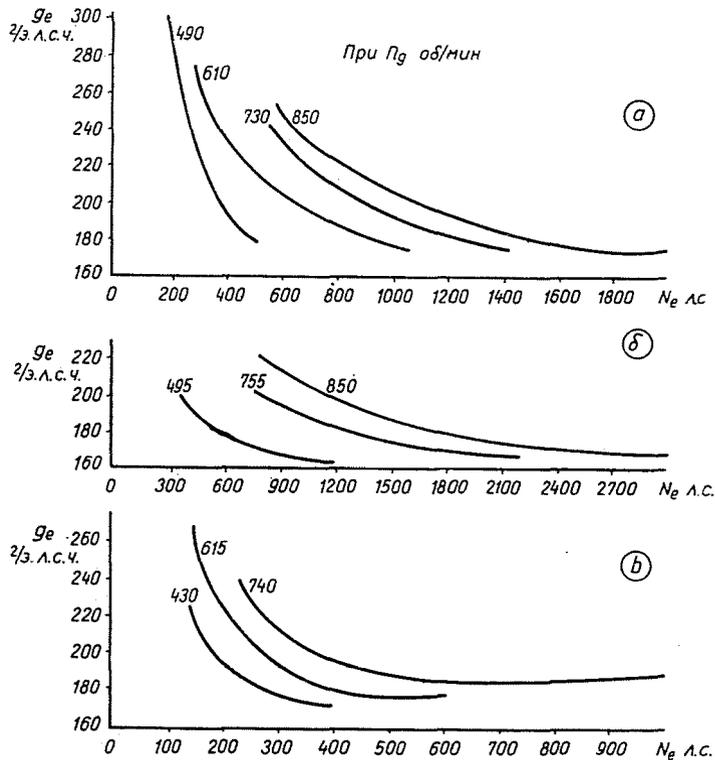


Рис. 1. Нагрузочные характеристики дизелей: а — 2Д100; б — 10Д100; в — Д50

2) нарушение качества распыла и различия в цикловой подаче топлива по цилиндрам;

3) несоответствие фаз газораспределения режимам работы дизеля на частичных нагрузках и холостом ходу.

другие параметры двухтактных тепловозных дизелей

ЮД100 СССР	11Д45	576Д-3 США	ERTV16 АНГЛИЯ	BT12M625 ФРГ	1622VB34V ДАНИЯ	12UEN30 ЯПОНИЯ
300	187	150	75	83,3	145	187,5
10 П	16 V	16 V	16 V	12 V	16 V	12 V
850	750	835	1000	750	800	600
207	230	216	177,8	200	220	300
9,3	9,1	8,7	6,0	6,35	6,3	9,95
168	175	171	180	≈172	175	168

П — дизели с противоположно движущимися поршнями

V — дизели с V-образным расположением цилиндров

Для определения величины среднеэксплуатационного удельного эффективного расхода топлива g_e^2 (г/э. л. с. ч.) необходимо иметь зависимость $g_e = f(N_e, n_g)$ и знать распределение режимов работы дизеля по времени (нагрузочное поле). Имея эти данные, величину g_e^2 можно подсчитать по методике, изложенной в литературе [1], с некоторым изменением расчетной формулы:

$$g_e^2 = \frac{g_e^H \sum_1^k \nu \cdot t_0 \cdot N + 60 \sum_1^k g_x \cdot t_{0x}}{\sum_1^k N \cdot t} \text{ г/э.л.с.ч.} \quad (1)$$

где ν — поправочный коэффициент, который характеризует изменение удельного эффективного расхода топлива при работе дизеля на режиме, отличном от номинального;

t_0, t_{0x} — относительное время работы дизеля на режиме тяги и холостом ходу;

N — реализуемая мощность, э. л. с.;

g_x — расход топлива на холостом ходу, г/мин;

1, 2... k — режимы работы дизеля.

Изменение величины коэффициента ν в зависимости от числа оборотов коленчатого вала n_g при работе дизеля по тепловозной (генераторной) характеристике показано на рис. 2.

Величина ν равна

$$\nu = \frac{g_e}{g_e^H},$$

где g_e — удельный эффективный расход топлива на режимах, отличных от номинального г/э. л. с. ч.

Отметим, что каждому значению числа оборотов n_g соответствует определенная величина реализуемой мощности N_e . При работе двигателя по нагрузочной характеристике зависимостями рис. 2 пользоваться нельзя.

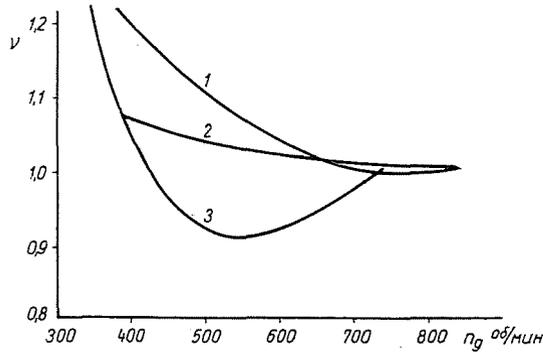


Рис. 2. Изменение поправочного коэффициента ν при работе дизелей по тепловозной (генераторной) характеристике: 1 — 2Д100; 2 — 10Д100; 3 — Д50

Расчет g_e^2 по формуле (1) невозможен без проведения специальных эксплуатационных испытаний по определению нагрузочных полей.

На железных дорогах СССР были проведены ряд таких испытаний с тепловозами грузового [1, 2, 3] и пассажирского [4] парков.

Методика испытаний [4] предусматривала автоматическую запись ряда параметров, в том числе:

- 1) позицию контроллера (ПК);
- 2) изменение скорости движения по пути $v = f(S)$;
- 3) отметку пути через 0,1 км;
- 4) отметку времени через 0,1 мин;
- 5) расход топлива дизелем, G кг.

После обработки большого количества данных опытных поездок были получены:

- 1) нагрузочные поля для дизелей 2Д100 с тепловозами ТЭЗ при эксплуатации с поездами грузового парка;
- 2) нагрузочные поля для дизелей 10Д100 с тепловозами 2ТЭ10Л и поездами грузового парка;
- 3) нагрузочные поля для дизелей 10Д100 с тепловозами ТЭП10 при эксплуатации с поездами пассажирского парка.

Испытания проводились в широком диапазоне весов поездов ($Q = 850-4000$ т).

В результате нашлось подтверждение выводы ранее проводимых работ [1—3] в том, что дизель значительную долю времени работает на холостом ходу. На номинальном режиме время работы составляет 5—8% общего полезного времени. С увеличением веса состава время холостой работы уменьшается, однако даже при $Q = 4000$ т составляет 22% от общего времени полезной работы.

На рис. 3 показаны распределения режимов работы (нагрузочные поля) для двигателей 2Д100 (тепловоз ТЭЗ) и 10Д100 (тепловозы 2ТЭ10Л и ТЭП10). Отметим, что все испытания были проведены на одном и том же участке ж. д. СССР (в условиях эксплуатации поездов на длинных тяговых плечах и перевалистом профиле пути). Очевидно, что подобное распределение не характерно для однообразных профилей пути. По оси ординат отложено время (в % от общего полезного времени работы), а по оси абсцисс — условные режимы работы дизеля. Каждому условному режиму соответствует определенный интервал реализуемой мощности и чисел оборотов коленчатого вала дизеля (табл. 2).

Таблица 2
Условные режимы работы дизелей

№ режима	Реализуемые мощность и число оборотов коленчатого вала дизеля в % от номинала			
	Дизель 2Д100		Дизель 10Д100	
	N_e	n_g	N_e	n_g
I	0	0,47	0	0,47
II	0,06—0,19	0,05—0,54	0,065—0,2	0,50—0,58
III	0,25—0,38	0,58—0,65	0,27—0,40	0,61—0,68
IV	0,44—0,56	0,68—0,75	0,46—0,6	0,72—0,79
V	0,63—0,69	0,79—0,82	0,66—0,73	0,82—0,86
VI	0,75—0,81	0,86—0,89	0,8—0,87	0,89—0,93
VII	0,87	0,93	0,93	0,97
VIII	0,94	0,97	1,0	1,0
IX	1,0	1,0		

Анализируя приведенные нагрузочные поля (рис. 3), можно сделать следующие выводы:

1) характерной особенностью эксплуатации тепловозных дизелей является большая доля работы на холостом ходу. Для дизеля 2Д100 при эксплуатации с грузовыми поездами эта величина составила 37,5% от общего полезного времени работы; для дизеля 10Д100 при эксплуатации тепловозов ТЭП10 с пассажирскими поездами время работы на холостом ходу возрастает до 42%;

2) на режиме номинальной мощности дизели работают незначительное время. Так например, дизель 2Д100 (рис. 3, а) — 5,3%; дизель 10Д100 (рис. 3, б) — 6,2%. Для пассажирских поездов (в условиях частых остановок) время работы двигателя на номинальном режиме равно нулю (рис. 3, г);

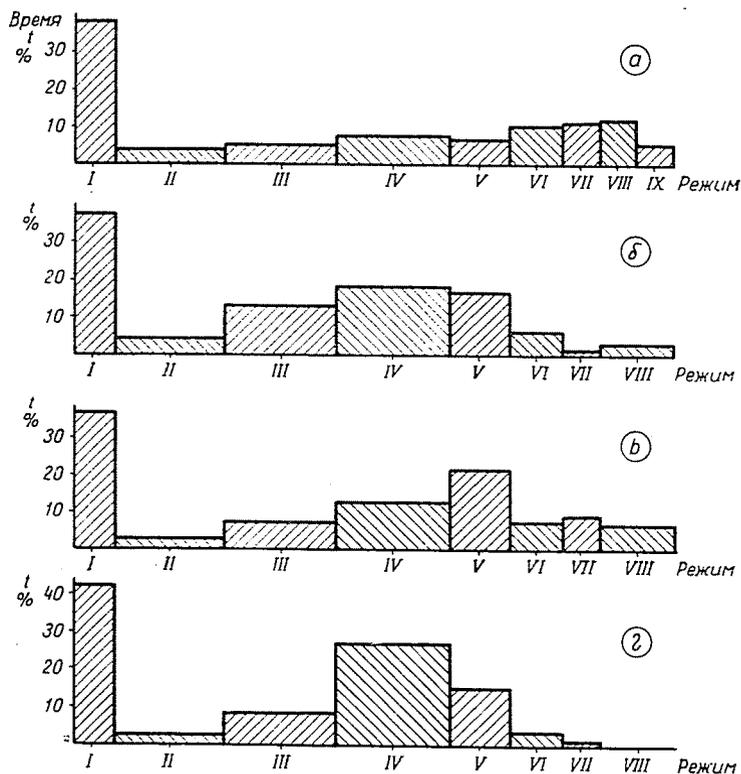


Рис. 3. Распределение режимов работы тепловозных дизелей по времени: а — 2Д100 (тепловоз ТЭЗ, грузовой состав, $Q = 2600 - 3200$ т); б — 10Д100 (тепловоз 2ТЭ10Л, грузовой состав $Q = 3200$ т); в — 10Д100 (тепловоз ТЭП10, скорый поезд); г — 10Д100 (тепловоз ТЭП10, пассажирский поезд)

3) примерно 60% полезного времени работы распределяется в диапазоне мощностей (0,06 — 0,94) $N_e^{\text{ном}}$, причем в зависимости от рода поезда наблюдается смещение максимума работы на режимах, близких к номинальному. Так, дизель 2Д100 (рис. 3, а) 34% всего времени работает с мощностями, близкими к номинальной; дизель 10Д100 (рис. 3, б) 25,7% времени работает на мощностях (0,46 — 0,73) $N_e^{\text{ном}}$, а при работе с пассажирскими поездами (рис. 3, г) около 28% времени работает при мощностях (0,46 — 0,6) $N_e^{\text{ном}}$.

Таким образом, основные эксплуатационные режимы работы тепловозных дизелей — частичные нагрузки и режим холостого хода (особенно при эксплуатации тепловозов на длинных тяговых плечах).

Таблица 3

Экономичность тепловозных дизелей в эксплуатации

Наименование режимов (в соответствии с рис. 3.)	Показатели					Коэффициент исп. мощн.		Примечание
	Время под нагрузкой	Время на хол. ходу	Расход топлива на ном. g_e^H	Среднеэкс. расх. топл. g_e^3	Среднеэкс. расх. топл. g_e^3			
						%	г/з. л. с. ч.	
Первый (а)	61,3	33,7	175	190,7	0,4	0,653	e' — без учета режима холостого хода	
Второй (б)	62,5	37,5	168	181	0,36	0,575		
Третий (в)	63,7	36,3	168	177,6	0,438	0,687		
Четвертый (г)	57,4	42,6	168	184,4	0,317	0,552		

Рассмотрим, в соответствии с изложенной выше методикой, изменение среднеэксплуатационного удельного эффективного расхода топлива для приведенных результатов распределения режимов работы дизелей. Кроме того, представляет интерес характер изменения коэффициента использования номинальной мощности

$$e = \frac{A^3}{A^H} \quad (2)$$

где A^3 — фактическая (эксплуатационная) работа, совершаемая дизелем;
 A^H — возможная работа (на номинальном режиме).

Результаты расчетов по определению величин g_e^3 и e для вариантов рис. 3 приведены в таблице 3.

Анализ полученных результатов показывает, что среднеэксплуатационный удельный эффективный расход топлива превышает величину g_e^H на 5—10%, что является следствием ухудшения работы дизеля на частичных нагрузках и режиме холостого хода по сравнению с номинальным режимом. Коэффициент использования номинальной мощности (коэффициент загрузки дизеля) в рассмотренных случаях не превышает 0,44. Увеличение времени эксплуатации дизеля на холостом ходу приводит к снижению величины e и росту g_e^3 .

Резюме

Анализ приведенных результатов подтверждает ранее полученные выводы [1, 2, 3] о существенном недоиспользовании номинальной мощности тепловозных дизелей.

Характер распределения режимов работы дизелей, как показали результаты испытаний, примерно одинаков для поездов грузового и пассажирского парков.

В целях снижения среднеэксплуатационного удельного эффективного расхода топлива g_e^3 необходимо улучшить работу тепловозных дизелей в зоне частичных нагрузок и режиме холостого хода.

Литература

1. Володин, А. И.: Об экономичности тепловозных дизелей в эксплуатации. — «Вестник Всесоюзного научн.-исследоват. института ж. д. транспорта», 1959, № 3.
2. Цурган, О. В.: Изучение режимов работы двигателя тепловоза ТЭЗ в эксплуатации. Труды Всесоюзного научно-исследовательского тепловозного института, 1957, № 10/41.
3. Болховитинов, Г. Ф.: Улучшение использования мощности тепловоза. — «Железнодорожный транспорт», 1965, № 3.
4. Третьяков, А. П., Васильев, В. Н.: Экономичность тепловозных двигателей и способы ее повышения. — «Электрическая и тепловозная тяга», 1968, № 4.

Инженер Валерий Николаевич Васильев, Москва А—55, Образцова, 15, МИИТ, СССР.