П Р А В И Л А П О С Т А Н Д А Р Т И З А Ц И И

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ И КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОЗОВ

Методика определения

МПС России

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ФГУП ВНИКТИ) МПС России

ВНЕСЕНЫ Департаментом локомотивного хозяйства ОАО «РЖД»

2 ПРИНЯТЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Указанием МПС России от 02.12.03 № К-1086у

3 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

Содержание

1 Область применения..... 1
2 Нормативные ссылки..... 1
3 Общие положения..... 1
4 Методы определения коэффициента полезного действия тепловоза 2
4.1. Метод определения коэффициента полезного действия тепловоза как самоходной подвижной единицы..... 2
4.2 Метод определения коэффициента полезного действия тепловоза как тяговой единицы..... 4
4.3 Метод определения коэффициента полезного действия тепловоза как тягово-энергетической установки..... 5
5 Метод определения коэффициента полезного использования мощности тепловоза 7
Приложение А (обязательное) Показатели, используемые в расчете коэффициента полезного действия и коэффициента полезного использования мощности тепловозов..... 8

ПРАВИЛА ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ И КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОЗОВ

Методика определения

Дата введения 2003–12–20

1 Область применения

Настоящие правила распространяются на тепловозы с электрической передачей, эксплуатируемые на железнодорожном транспорте в Российской Федерации.

Правила устанавливают методику проведения расчетов коэффициента полезного действия (далее – КПД) и коэффициента полезного использования мощности (далее – КПИМ) тепловоза, установленных в стандартах и других нормативных документах.

Расчет проводят при проектировании, модернизации тепловозов, а также при сравнительной оценке тепловозов одного типа.

2 Нормативные ссылки

В настоящих правилах использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 25941-83 Машины электрические вращающиеся. Методы определения потерь и коэффициента полезного действия

ГОСТ 26923-90 Тепловозы магистральные. Общие технические требования

ГОСТ 26924-89 Тепловозы маневровые с электрической передачей мощностью 1200 л.с. и более. Общие технические требования

Примечание – При пользовании настоящими правилами целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории Российской Федерации по указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими правилами следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Общие положения

3.1 Значения КПД тепловоза как самоходной подвижной единицы, как тяговой единицы и как тягово-энергетической установки рекомендуется устанавливать в техническом задании на разработку тепловоза.

3.2 В расчетах используют мощность тепловоза и агрегатов, приведеную к валу дизеля.

3.3 Источники определения показателей, используемых в расчете коэффициента полезного действия и коэффициента полезного использования мощности тепловоза, приведены в приложении А.

4 Методы определения коэффициента полезного действия тепловоза

4.1. Метод определения коэффициента полезного действия тепловоза как самоходной подвижной единицы

4 1.1 Данный метод применяют для расчета КПД тепловоза, нормативное значение которого установлено ГОСТ 26923 и ГОСТ 26924

4.1.2 КПД тепловоза определяют при работе дизеля на полной мощности в диапазоне скоростей движения от расчетной (длительной) до конструкционной

4 1.3 КПД тепловоза определяют при нормальных климатических условиях в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Наименование параметра, размерность	Значение
Температура наружного воздуха, К (°С)	293 (20)
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	101,3 (760)
Относительная влажность, %	70
Температура топлива перед топливным насосом высокого давления дизеля, К (°С)	303 (30)
Температура воды на входе в охладитель наддувочного воздуха, К (°С)	321 (48)
Примечание – Значения параметров, полученные при испытании тепловозов в других условиях, приводят к условиям по таблице 1	

4.1 4 КПД тепловоза как подвижной единицы определяют по формуле

$$\eta_{тпе} = \frac{3{,}6 \cdot 10^6 \cdot N_к}{b_e \cdot P_e \cdot Q_н}, \qquad (1)$$

где $N_к$ – касательная мощность тепловоза, кВт;

P_e – полная мощность дизеля при условиях, указанных в таблице 1, кВт;

b_e – удельный расход топлива дизелем, г/кВт ч;

$Q_н$ – низшая теплотворная способность топлива, кДж/кг.

4.1.5 Источники определения показателей, используемых в расчете коэффициента полезного действия, приведены в приложении А.

4.1.6 Низшую теплотворную способность топлива $Q_н$ принимают:

42705,36 кДж/кг – для дизельного топлива;

50000 кДж/кг – для газообразного топлива.

4.1.7 Касательную мощность тепловоза $N_к$, кВт, определяют по формуле

$$N_к = (P_e - N_{всп} - N^{диз}_{пот\ эн}) \cdot \eta_{т\,г} \cdot \eta_{в\,у} \cdot \eta_{т\,эд} \cdot \eta_р, \qquad (2)$$

где $N_{всп}$ – мощность агрегатов вспомогательных нужд, кВт;

$N^{диз}_{пот\ эн}$ – мощность генератора энергоснабжения состава при отключенном энергоснабжении (потери в обмотке генератора и механические потери), кВт;

$\eta_{г\,г}$ – КПД тягового генератора;

$\eta_{в\,у}$ – КПД выпрямительной установки;

$\eta_{т\,эд}$ – КПД тягового электродвигателя;

$\eta_р$ – КПД осевого редуктора и моторно-осевых подшипников (принимают $\eta_р = 0{,}975$).

4.1.8 Мощность агрегатов вспомогательных нужд $N_{всп}$, кВт, определяют по формуле

$$N_{всп} = N_{в\,д} + N_{комп} + N_{о\,э} + N_{возб} + N_{др} \qquad (3)$$

где $N_{в\,д}$ – мощность вентиляторов охлаждающего устройства дизеля, кВт;

$N_{комп}$– мощность компрессора, кВт;

$N_{о\,э}$ – мощность агрегатов охлаждения электрического оборудования (вентиляторов тягового генератора, выпрямительной установки и тяговых электродвигателей), кВт;

$N_{возб}$ – мощность возбудителя тягового генератора, связанная с потерями в самом возбудителе и потерями в приводе возбудителя, кВт;

$N_{др}$ – сумма мощностей потребителей, неуказанных в формуле (3): цепей управления и освещения, аккумуляторных батарей, отсасывающих агрегатов мультициклонных фильтров дизеля и вентиляторов кузова и др., кВт.

4.1.9 Мощность агрегатов кондиционирования воздуха и обогрева кабины тепловоза не учитывают.

4.1.10 Мощность вентиляторов охлаждающего устройства дизеля $N_{в\,д}$, кВт, с учетом работы системы автоматического регулирования температуры теплоносителей (САРТ) вычисляют по формуле

$$N_{в\,д} = N_{в\,норм} \cdot \frac{1}{\eta_{пр\,в}}, \quad (4)$$

где $N_{в\,норм}$ – суммарная мощность вентиляторов с учетом работы САРТ при нормальных климатических условиях, кВт;

$\eta_{пр\,в}$ – КПД привода вентиляторов.

4.1.11 Мощность компрессора $N_{комп}$, кВт, определяют с учетом продолжительности включения (ПВ) компрессора в зависимости от номинальной производительности компрессора

Для среднеэксплуатационного режима принимают ПВ=25%

$N_{комп}$, кВт, определяют по формуле

$$N_{комп} = (N_{комп\,р\,х} \cdot 0{,}25 + N_{комп\,х\,х} \cdot 0{,}75) \cdot \frac{1}{\eta_{пр\,комп}}, \quad (5)$$

где $N_{комп\,р\,х}$ – мощность компрессора на рабочем ходу, кВт,

$N_{комп\,х\,х}$ – мощность компрессора на холостом ходу, кВт;

$\eta_{пр\,комп}$ – КПД привода компрессора.

4.1.12 Мощность агрегатов охлаждения электрического оборудования $N_{о\,э}$, кВт, определяют с учетом регулирования расхода воздуха и КПД привода вентилятора.

4 1.13 Мощность возбудителя тягового генератора, связанную с потерями в самом возбудителе и потерями в приводе возбудителя $N_{возб}$, кВт, определяют по формуле

$$N_{возб} = P_{возб} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{возб}\,\eta_{пр\,возб}} - 1 \right), \quad (6)$$

где $P_{возб}$ – мощность возбудителя тягового генератора, кВт;

$\eta_{возб}$ – КПД возбудителя;

$\eta_{пр\,возб}$ – КПД привода возбудителя

Примечание – Мощность тягового генератора, зависящую от квадрата тока возбуждения, учитывают при определении КПД тягового генератора как потери на возбуждение

4.2 Метод определения коэффициента полезного действия тепловоза как тяговой единицы

4 2.1 В данном методе расчета при определении КПД тепловоза учитывают полезную мощность (мощность, определяемую по тяговому усилию на автосцепке), требуемую для совершения тяговой работы по перемещению состава.

4 2.2 КПД тепловоза определяют при работе дизеля на полной мощности в диапазоне скоростей движения от расчетной (длительной) до конструкционной

4 2.3 КПД тепловоза определяют при нормальных климатических условиях в соответствии с таблицей 1.

4 2.4 КПД тепловоза как тяговой единицы определяют по формуле

$$\eta_{тте} = \frac{3{,}6 \cdot 10^6 \cdot N_a}{b_e \cdot P_e \cdot Q_н}, \quad (7)$$

где N_a – полезная мощность тепловоза, требуемая для совершения тяговой работы по перемещению состава, кВт.

4.2.5 Полезную мощность тепловоза, требуемую для совершения тяговой работы по перемещению состава, N_a, кВт, определяют по формуле

$$N_a = N_к - N_w, \quad (8)$$

где $N_к$ – касательная мощность тепловоза, кВт, определяемая по формуле (2);

N_w – мощность тепловоза, требуемая на преодолении основного сопротивления движению тепловоза, кВт.

4.2.6 Мощность N_w, кВт, определяют по формуле

$$N_w = \frac{W_o^1 \cdot V}{367{,}2}, \quad (9)$$

где W_o^1 – основное сопротивление движению тепловоза как повозки, кгс;

V – скорость тепловоза, км/ч.

4.2.7 Основное сопротивление движению тепловоза как повозки W_o^1, кгс, определяют по формуле

$$W_o^1 = \omega_o^1 \cdot P, \quad (10)$$

где ω_o^1 - основное удельное сопротивление движению тепловоза как повозки, кгс/т;

P – служебная масса тепловоза, т.

4.2.8 Мощность агрегатов кондиционирования воздуха, обогрева тепловоза и энергоснабжения состава не учитывают.

4.3 Метод определения коэффициента полезного действия тепловоза как тягово-энергетической установки

4.3.1 В данном методе расчета при определении КПД тепловоза как тягово-энергетической установки полезную мощность учитывают как мощность, требуемую для перемещения и энергоснабжения состава.

4 3.2 КПД тепловоза как тягово-энергетической установки определяют по формуле

$$\eta_{тэу} = \frac{3{,}6 \cdot 10^6 \cdot N_{a1}}{b_e \cdot P_{e1} \cdot Q_н}, \quad (11)$$

N_{a1} – полезная мощность тепловоза, необходимая для совершения тяговой работы по перемещению состава и его энергоснабжения, кВт;

P_{e1}– полная мощность дизеля, принимаемая с учетом температуры наружного воздуха по 4.3.7, кВт.

4.3.3 Полезную мощность тепловоза N_{a1}, кВт, определяют по формуле

$$N_{a1} = N_{к1} + P_{эн} - N_w \qquad (12)$$

где $N_{к1}$ – касательная мощность тепловоза с учетом мощности, необходимой для энергоснабжения состава, кВт;

$P_{эн}$ – мощность, необходимая для энергоснабжения состава, кВт;

N_w – мощность тепловоза, необходимая для преодоления основного сопротивления движению тепловоза, кВт, определяемая по формуле (9).

4.3.4 Касательную мощность тепловоза $N_{к1}$, кВт, определяют по формуле

$$N_{к1} = (P_{e1} - N_{всп1} - N_{эн}^{диз}) \cdot \eta_{т г} \cdot \eta_{в у} \cdot \eta_{т эд} \cdot \eta_{р}, \qquad (13)$$

где $N_{всп1}$ – мощности агрегатов вспомогательных нужд, с учетом мощности агрегатов кондиционирования воздуха или обогрева тепловоза, кВт;

$N_{эн}^{диз}$ – мощность генератора энергоснабжения состава при включенном энергоснабжении, кВт.

При этом полезную мощность компрессора, необходимую для производства сжатого воздуха с целью питания тормозных систем и выполнения технологических операций с составом не выделяют.

4.3.5 Мощность агрегатов вспомогательных нужд $N_{всп1}$, кВт, определяют по формуле

$$N_{всп1} = N_{в д} + N_{комп} + N_{о э} + N_{возб} + N_{др1} \qquad (14)$$

где $N_{в д}$ – мощность вентиляторов охлаждающего устройства дизеля, кВт, определяемые по формуле (4);

$N_{комп}$ – мощность компрессора, кВт, определяемая по формуле (5);

$N_{возб}$ – мощность возбудителя тягового генератора, связанная с потерями в самом возбудителе и потерями в приводе возбудителя, кВт, определяемая по формуле (6);

$N_{др1}$ – сумма мощностей потребителей, неуказанных в формуле (14): цепей управления и освещения, аккумуляторных батарей, отсасывающих агрегатов мультициклонных фильтров дизеля и вентилятора кузова, мощностей агрегатов кондиционирования воздуха или обогрева тепловоза и др., кВт.

4.3.6 Мощность генератора энергоснабжения состава при включенном энергоснабжении $N_{эн}^{диз}$, кВт, определяют по формуле

$$N_{эн}^{диз} = P_{эн} \cdot \frac{1}{\eta_{г эн}}, \qquad (15)$$

где $\eta_{г\,эн}$ – КПД генератора энергоснабжения.

4.3.7 Сравнительную оценку тепловозов и определение их КПД с учетом затрат мощности на энергоснабжение состава рекомендуется проводить при следующих условиях:

- температура наружного воздуха +30 °С, +40 °С (с учетом затрат мощности на кондиционирование воздуха);

- температура наружного воздуха 0 °С, минус 20 °С, минус 40 °С (с учетом затрат мощности на отопление состава).

4.3.8 При различных температурах наружного воздуха сумму мощностей вентиляторов охлаждения теплоносителей дизеля определяют с учетом изменения удельного веса воздуха и изменения мощности каждого вентилятора за счет регулирования частоты вращения вентилятора или продолжительности его включения.

5 Метод определения коэффициента полезного использования мощности тепловоза

5.1 КПИМ тепловоза определяют при работе дизеля на полной мощности в диапазоне скоростей движения от расчетной (длительной) до конструкционной.

5.2 КПИМ тепловоза как самоходной подвижной единицы, нормативное значение которого установлено ГОСТ 25463, определяют по формуле

$$K_{п\,е} = \frac{N_к}{P_е}, \qquad (16)$$

где $N_к$ – касательная мощность тепловоза, кВт, определяемая по формуле (2).

5.3 КПИМ тепловоза как тяговой единицы с учетом полезной мощности тепловоза при выполнении работы по перемещению состава определяют по формуле

$$K_{т\,е} = \frac{N_a}{P_е}, \qquad (17)$$

где N_a – полезная мощность тепловоза при выполнении тяговой работы по перемещению состава, кВт, определяемая по формуле (8).

5.4 КПИМ тепловоза как тягово-энергетической установки с учетом полезной мощности тепловоза при выполнении тяговой работы и энергоснабжении состава определяют по формуле

$$K_{тэу} = \frac{N_{a1}}{P_{e1}}, \qquad (18)$$

где N_{a1} – полезная мощность тепловоза при выполнении работы по перемещению состава и его энергоснабжении, кВт, определяемая по формуле (12).

Приложение А

(обязательное)

Показатели, используемые в расчете коэффициента полезного действия и коэффициента полезного использования мощности тепловозов

Таблица А 1

Наименование показателя	Обозначение	Формула, где использован показатель	Источник определения
Полная мощность дизеля при нормальных климатических условиях	P_e	1, 2, 16, 17, 18	ТУ на дизель
Удельный расход топлива дизелем	b_e	1, 7, 11	ТУ на дизель
Мощность агрегатов вспомогательных нужд	$N_{всп}$	2, 3	Формула 3, результаты исследовательских испытаний
Мощность генератора энергоснабжения состава при отключенном энергоснабжении	$N^{диз}_{пот\ эн}$	2	ТУ на генератор энергоснабжения
КПД тягового генератора	$\eta_{т\ г}$	2, 13	ТУ на тяговый генератор, ГОСТ 25941
КПД выпрямительной установки	$\eta_{в\ у}$	2, 13	ТУ на выпрямительную установку, ГОСТ 25941
КПД тягового электродвигателя	$\eta_{т\ эд}$	2, 13	ТУ на тяговый электродвигатель, ГОСТ 25941
Мощность вентиляторов охлаждающего устройства дизеля	$N_{в\ д}$	3, 4, 14	Формула 4, результаты исследовательских испытаний
Мощность компрессора	$N_{комп}$	3, 5, 14	Формула 5, результаты исследовательских испытаний
Мощность агрегатов охлаждения электрического оборудования	$N_{о\ э}$	3, 14	Результаты исследовательских испытаний
Мощность возбудителя тягового генератора	$N_{возб}$	3, 6, 14	Формула 6, результаты исследовательских испытаний
Сумма мощностей потребителей, неуказанных в формуле (3) цепей управления и освещения, аккумуляторных батарей, отсасывающих агрегатов мультициклонных фильтров дизеля и вентиляторов кузова и др.	$N_{др}$	3	ТУ на потребители или результаты исследовательских испытаний

Продолжение таблицы А.1

Наименование Показателя	Обозначение	Формула, где использован показатель	Источник определения
Суммарная мощность вентиляторов с учетом работы САРТ при нормальных климатических условиях	$N_{в\ норм}$	4	Результаты исследовательских испытаний
КПД привода вентиляторов	$\eta_{пр\ в}$	4	ТУ на привод вентилятора
Мощность компрессора на рабочем ходу	$N_{комп\ р\ х}$	5	ТУ на компрессор или результаты исследовательских испытаний
Мощность компрессора на холостом ходу	$N_{комп\ х\ х}$	5	ТУ на компрессор или результаты исследовательских испытаний
КПД привода компрессора	$\eta_{пр\ комп}$	5	ТУ на привод компрессора
Мощность возбудителя тягового генератора	$P_{возб}$	6	ТУ на возбудитель и генератор
КПД возбудителя	$\eta_{возб}$	6	ТУ на возбудитель
КПД привода возбудителя	$\eta_{пр\ возб}$	6	ТУ на привод возбудителя
Основное удельное сопротивление движению тепловоза как повозки	ω_o^1	10	Результаты исследовательских испытаний
Служебная масса тепловоза	P	10	ТУ на тепловоз
Полная мощность дизеля, принимаемая с учетом температуры наружного воздуха	P_{ei}	11, 13, 18	ТУ на дизель
Мощность, необходимая для энергоснабжения состава	$P_{эн}$	12, 15	Результаты исследовательских испытаний
Мощность агрегатов вспомогательных нужд, с учетом мощности агрегатов кондиционирования воздуха или обогрева тепловоза	$N_{всп\ i}$	13, 14	Формула 14, результаты исследовательских испытаний
Мощность генератора энергоснабжения состава при включенном энергоснабжении	$N_{эн}^{диз}$	13, 15	Результаты исследовательских испытаний
Сумма мощностей потребителей, неуказанных в формуле (14). цепей	$N_{др\ i}$	14	ТУ на потребители или результаты исследовательских испытаний

Окончание таблицы А.1

Наименование Показателя	Обозначение	Формула, где использован показатель	Источник определения
управления и освещения, аккумуляторных батарей, отсасывающих агрегатов мультициклонных фильтров дизеля и вентилятора кузова, мощностей агрегатов кондиционирования воздуха или обогрева тепловоза и др.			
КПД генератора энергоснабжения	$\eta_{г\,эн}$	15	ТУ на генератор энергоснабжения

УДК 629.424.1.001.4 (083.76) ОКС 45.060.10 ОКСТУ 3181
Ключевые слова: коэффициент полезного действия, коэффициент полезного использования мощности, тепловоз, методика определения, расчет, испытание

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ФГУП ВНИКТИ) МПС России

Главный инженер — Л.К. Добрынин

И.о. зав. отделом стандартизации и сертификации — С.Н. Мельников

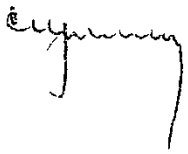
Инженер-конструктор 1 кат. — Н.А. Ершова

Зав. отделом вспомогательных систем тепловозов и путевых машин — И.Н. Родионов

Зав. лабораторией — В.П. Гриневич

Ст. научный сотрудник — В.Т. Степченков

СОГЛАСОВАНО
Заместитель начальника
Департамента локомотивного
хозяйства



А.М. Сидорук

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МПС РОССИИ)

УКАЗАНИЕ

"02" декабря 2003 г Москва № К-1086у

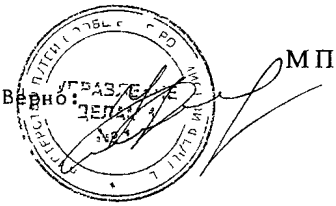
О введении в действие правил по стандартизации ПР 32.213-2003

В целях обеспечения оценки эффективности мероприятий, направленных на снижение расхода топлива, сравнения экономичности тепловозов с электрической передачей при их создании и модернизации

Утвердить и ввести в действие с 20 декабря 2003 года правила по стандартизации «Коэффициент полезного действия и коэффициент полезного использования мощности тепловозов Методика определения»

Приложение ПР 32 213-2003 на 16 л

Заместитель Министра М П Акулов



Круглов АТех 2-50-91

gost.e-ecolog.ru