

**П Р А В И Л А П О С Т А Н ДАРТИЗАЦИИ**

**КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ И  
КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОЗОВ**

**Методика определения**

**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

**П Р А В И Л А П О С Т А Н Д А Р Т И ЗА ЦИ И**

**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, приведенную 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

$$\eta_{\text{тп.е}} = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot N_k}{b_e \cdot P_e \cdot Q_h} , \quad (1)$$

где  $N_k$  – 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;

$Q_n$  – 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  $Q_n$  принимают:

42705,36 кДж/кг – для дизельного топлива;

50000 кДж/кг – для газообразного топлива.

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

$$N_k = \frac{(P_e - N_{всп} - N_{пот эн})}{\eta_{т.г}} \cdot \eta_{т.эд} \cdot \eta_{в.у} \cdot \eta_{р}, \quad (2)$$

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

$\eta_{т.г}$  – КПД тягового генератора;

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

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

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

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

$$N_{всп} = N_{в.д} + N_{комп} + N_{о.з} + N_{возб} + N_{др} \quad (3)$$

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

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

$N_{о.з}$  – 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

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

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

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

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

4.1.12 Мощность агрегатов охлаждения электрического оборудования  $N_{о,з}$ , 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

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

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

$$\eta_{\text{тре}} = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot N_a}{b_e \cdot P_c \cdot Q_h} , \quad (7)$$

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

$$N_a = N_k - N_w, \quad (8)$$

где  $N_k$  – 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  $\omega_o^1$  – 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

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

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

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

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

$$N_{al} = N_{kl} + P_{zh} - N_w \quad (12)$$

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

$P_{zh}$  – 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  $N_{kl}$ , кВт, определяют по формуле

$$N_{kl} = (P_{el} - N_{vcp1} - N_{zh}^{\text{диз}}) \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{by} \cdot \eta_{tzd} \cdot \eta_p, \quad (13)$$

где  $N_{vcp1}$  – мощности агрегатов вспомогательных нужд, с учетом мощности агрегатов кондиционирования воздуха или обогрева тепловоза, кВт;

$\eta_{zh}^{\text{диз}}$

$N_{zh}$  – 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  $N_{vcp1}$ , кВт, определяют по формуле

$$N_{vcp1} = N_{vd} + N_{kompp} + N_{o3} + N_{voz} + N_{dp1} \quad (14)$$

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

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

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

$N_{dp1}$  – сумма мощностей потребителей, неуказанных в формуле (14): цепей управления и освещения, аккумуляторных батарей, отсасывающих агрегатов мультициклических 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  $N_{zh}$ , кВт, определяют по формуле

$$N_{zh}^{\text{диз}} = P_{zh} \cdot \frac{1}{\eta_{zh}^{\text{диз}}} , \quad (15)$$

где  $\eta_{\text{ГЭН}}$  – 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 °C, +40 °C (с учетом затрат мощности на кондиционирование воздуха);
- температура наружного воздуха 0 °C, минус 20 °C, минус 40 °C (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

$$K_{n,e} = \frac{N_k}{P_e} , \quad (16)$$

где  $N_k$  – 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

$$K_{t,e} = \frac{N_a}{P_e} , \quad (17)$$

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

$$K_{tэу} = \frac{N_{a1}}{P_{e1}} , \quad (18)$$

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	$N_{пот эн}^{диз}$	2	ТУ на генератор энергоснабжения
КПД тягового генератора	$\eta_{тг}$	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	$\omega_o^1$	10	Результаты исследовательских испытаний
Служебная масса тепловоза	$P$	10	ТУ на тепловоз
Полная мощность дизеля, принимаемая с учетом температуры наружного воздуха	$P_{el}$	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	$N_{всп\;1}$	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	$N_{др1}$	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	$\eta_{ГЭН}$	15	ТУ на генератор энергоснабжения

---

УДК 629.424.1.001.4 (083.76)

ОКС 45.060.10

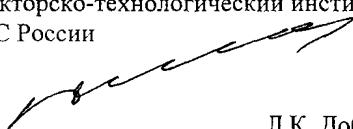
ОКСТУ 3181

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

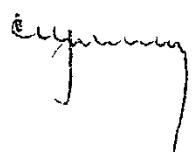
Зав. лабораторией

  
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

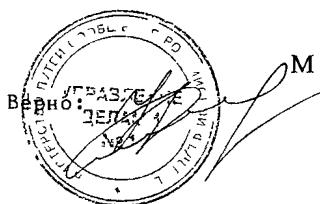
**О введении в действие правил по стандартизации ПР 32.213-2003**

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