

## SAT-2.203-2-TMS-07

### Технически норми за разход на гориво от дизелови локомотиви Technical Norms for Diesel Locomotives Fuel Consumption

Олег Кръстев  
Oleg Krastev

**Technical Norms for Diesel Locomotives Fuel Consumption:** This paper is dedicated to up dated and précised parameters of the train and shunting locomotives fuel consumption. The main goal of the paper is real usage of the results which is simulation modeling product. Electronic interactive table is developed which is useful for operative fuel consumption calculation.

**Key words:** diesel fuel, norms, locomotives.

#### ВЪВЕДЕНИЕ

Икономичното изразходване на енергоресурсите е сред най-важните задачи, стоящи за решаване във всички сфери на икономиката. В тази връзка може да се отбележи, че и в системата за нормиране и отчитане на дизеловото гориво, изразходвано от локомотивите с които железопътните превозвачи извършват превозната си дейност, все още съществуват нерешени проблеми.

Следенето и отчитането на изразходваното дизелово гориво се извършва в няколко направления.:

Първо: Контрол на наличното гориво в резервоара на локомотива преди и след завършване на работата, т.е. определяне на действително изразходваното от локомотива дизелово гориво.

Второ: Количеството на зареденото гориво.

Трето: Икономията или съответно преразхода на дизелово гориво, определяни чрез сравняване на действителния разход с разходни норми.

Този доклад е посветен на актуализирането и прецизирането на параметрите на разхода на гориво от влаковите и маневрените локомотиви, залегнали в действащите в момента разходни норми. За изпълнението на тази цел са използвани резултати получени чрез симулационно моделиране.

#### 1. АНАЛИЗ НА ДЕЙСТВАЩИТЕ РАЗХОДНИ НОРМИ

Разходните норми за различните серии локомотиви са разработени на основата на множество изследвания, наблюдения и статистически обработки, като основата им е една разработка от 1974 г. Повече от получените тогава резултати с минимални промяна се прилагат и в настоящия момент. Без да се омаловажава положения огромен труд, трябва да се отбележи, че в някои случаи за днешните условия на експлоатация тези разработки са доста неточни и прилагането им не само, че не помага на работата на локомотивните депа, а в някои случаи дори нанася финансови вреди.

Техническата норма за разхода на дизелово гориво от локомотивите се определя съгласно формулата:

$$V_{тн} = V_0 + V_{пот} + V_{пр} + V_{вм}, l; \quad (1)$$

където:  $V_{тн}$  е техническата норма за разход на дизелово гориво, l;

$V_0$  – норма за разход на гориво за тягови нужди, l;

$V_{пот}$  – норма за разход на гориво при потегляне, l;

$V_{пр}$  – норма за разход на гориво при престой, l;

$V_{вм}$  – норма за разход на гориво за извършване на влакова маневра, l.

От четирите елемента, участващи в изчисляването на техническата норма за разход на дизелово гориво, единствено нормата за разход на гориво при престой –

$V_{пр}$  е еднозначно определена. Това на практика е разхода при работа на дизеловия двигател на празен ход. При определянето на останалите три има съществени неточности и те подлежат на прецизиране.

### 1.1. Разход на гориво за тягови нужди – $V_0$

При определянето на нормата за разход на гориво за тягови нужди –  $V_0$  участва относителният разход на гориво за тягови нужди –  $b_0$ , който се изчислява по формулата (2):

$$V_0 = A \cdot b_0 \cdot l, \quad (2)$$

където:  $V_0$  е разход на гориво за тягови нужди,  $l$ ;

$b_0$  – относителния разход на гориво за тягови нужди,  $l/10000$  бр.tkm;

$A$  – произведената от локомотива продукция в 10000 бр.tkm, изчислявана по формулата (3):

$$V_0 = \frac{M \cdot L}{10000}, \text{ бр. tkm}, \quad (3)$$

където:  $M$  е брутната маса на превозения влак или влакове,  $t$ ;

$L$  – разстояние на което е превозен влак или влакове,  $km$ .

Стойностите на относителния разход –  $b_0$  се отчитат от предварително изработени таблици. На тях относителният разход е даден по отделно за всяка серия локомотив и за двете посоки на движение във всеки жп участък, както е показано на фиг. 1.

Локомотивно депо	№ линия	жп участък	$b_0$		
			55-000	06-000	07-000
	1	Др - Дгю	51	42	40
	1	Дгю - Др	139	122	100
	12	Св - Блб	55	49	47
	12	Блб - Св	79	70	67

Фиг. 1. Фрагмент от таблица за определяне на относителния разход на гориво за тягови нужди

Този подход е приемлив за нормирана разхода на дизелово гориво при средно тежки и тежки влакове. При леки влакове резултата за разход на гориво се отклонява от реалния, като това отклонение в някои случаи е значително.

В някои нормативни документи зависимостта на  $b_0$  от масата на влака при стойности по-ниски 30 % от нормата на влака за съответната серия локомотиви се задава стъпаловидно, на три или четири групи, но и тук се получават големи отклонения. Поради това за по-точното определяне на  $b_0$  е необходимо извършването на проверочни изчисления с цел по-точно определяне на зависимостта му от масата на влака, особено при по-леки влакове.

### 1.2. Разход на гориво при потегляне – $V_{пот}$

При определянето на нормата при потегляне, обикновено се приема, че разходът се изменя само при промяна на масата на състава. Така обаче се пренебрегва влиянието на един не по-малко важен параметър – профилът на пътя.

Освен това скоростта на движение, до която се приема, че потеглянето е завършило не е еднозначно зададена. В повечето случаи се използва разхода на гориво за определено време (една минута след началото на движението), което е неточно, тъй като съществено варира при различни наклони. Това налага прецизирането и на тази норма.

### 1.3. Разход на гориво при изолирано движение на локомотивите – $V_{из}$

Важен момент при нормирането е определянето на техническата норма за разход на дизелово гориво при изолирано движение на локомотивите. Изчисленията на тази норма се извършват съгласно формула (4):

$$B_{uz} = L_{uz} \cdot b_{uz}, l, \quad (4)$$

където:  $B_{uz}$  е нормата за разход на дизелово гориво при изолирано движение,  $l$ ;  
 $L_{uz}$  – обща дължина на пътя в изолираното движение,  $km$ ;  
 $b_{uz}$  – относителен разход на гориво за изолирано движение,  $l/km$ .

Стойностите за  $b_{uz}$  се дават твърде обобщено в  $l/km$  без да се обвързват с профила на пътя, което ги прави значително неточни. Поради това при тях също се налага допълнително уточняване и прецизиране.

Анализът показва, че освен представените по горе констатации има и други две, които също внасят известна неточност в изчисленията, но трудно биха могли да бъдат взети под внимание без значително усложняване на системата за нормиране:

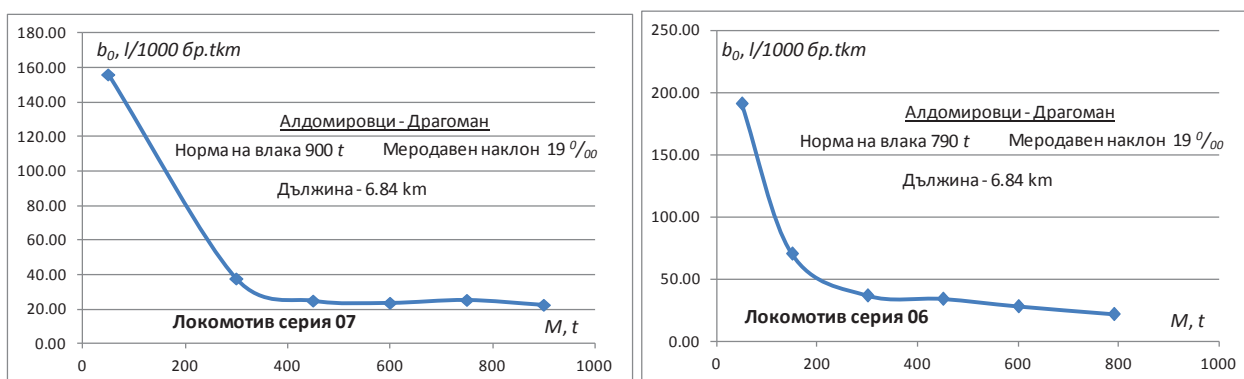
- отчитане различни времепътувания
- въвежданите на намаления на скоростта на движение в части от участъците, което в нашите железници, за по-малки или по-големи периоди от време, се случва много често;

## 2. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ТЕХНИЧЕСКАТА НОРМА ЗА РАЗХОД НА ДИЗЕЛОВО ГОРИВО ПРИ ВЛАКОВА РАБОТА НА ЛОКОМОТИВИТЕ

При настоящата разработка са използвани две симулационни програми – Simol\_VV и TrainSim. Те са резултат на многогодишни изследвания, провеждани в катедра „Железопътна техника“ на Технически университет – София и са разработени в нея. Тези програми са софтуерен продукт за извършване на тягово-енергетични пресмятания и като краен резултат, определяне на разхода на дизелово гориво. Симулацията се извършва за конкретни железопътни участъци и различни маси на влаковете, превозени по тях, определена серия локомотив, както и съществуващи ограничения по време.

### 2.1. Разход на гориво за тягови нужди – $B_0$

С цел по-точно определяне на зависимостта между относителния разход на гориво за тягови нужди –  $b_0$  и масата на влака бяха извършени контролни пресмятания с помощта на симулационна програма. Установено бе, че относителният разход –  $b_0$  може да бъде приет за постоянен за средно тежки и тежки влакове. За леките влакове относителният разход –  $b_0$  нараства много бързо, което е илюстрирано на приложените по-долу фигури.



Фиг. 2. Графики на изменението на относителният разход –  $b_0$ , получени чрез симулация на движението

Анализът на фиг. 2 и на много други графики показва, че може да се търси аналитична или емпирична зависимост за определяне на масата на състава, след която относителният разход –  $b_0$  е постоянен.

За да може практически да се приложи тази констатация при нормиране разхода на дизелово гориво е въведен нов коефициент – *коефициент на неравномерност на  $b_0$*  –  $K_M$ . С помощта на  $K_M$  може да се изчисли масата на състава, след която относителният разход –  $b_0$  е постоянен – гранична маса.

Коефициентът –  $K_M$ , зависи от нормата на влака за дадена серия, меродавния наклон на участъка и масата на возения влак. Коефициентът се изменя в диапазона  $0,30 \div 0,60$ . Определянето му е на базата на извършени симулации движението на влакови състави с различна маса.

Ако  $M_{НВ}$  е масата при норма влак за съответния участък, разхода на дизелово гориво се изчислява по следния начин:

- При стойности на масата на влака в интервала  $K_M \cdot M_{НВ} \div M_{НВ}$ , изчислението за  $B_0$  се извършва по досегашния начин, чрез използването на формула (2);
- При стойности на масата на влака по-малка от  $K_M \cdot M_{НВ}$ , изчисленията за разхода на дизелово гориво се извършват с помощта на аналитична зависимост:

$$B_0 = B_{из} + \frac{M_{вл} - 20}{K_M \cdot M_{НВ} - 20} (B_{K_M \cdot M_{НВ}} - B_{из}), \quad l, \quad (4)$$

- където:  $B_0$  е нормата за разход на гориво за тягови нужди,  $l$ ;  
 $B_{из}$  – нормата за разход на гориво при изолирано движение,  $l$ ;  
 $M_{вл}$  – масата на влака,  $t$ ;  
 $B_{K_M \cdot M_{НВ}}$  – разход на гориво при маса на влака  $K_M \cdot M_{НВ}$ , изчислена при  $b_0$ ,  $t$ .

За оперативно изчисляване на разхода на дизелово гориво за тягови нужди може да се използва и разработена за целта интерактивна електронна таблица, фрагмент от която е показана на фиг. 3

№ линия	жп участък	дължина [ km ]	меродавен наклон [ ‰ ]	маса на влака	55-000			
					изол. лок. [ liter ]	НВ	$b_0$ [ liter / 10000 бр. t.km ] > 33 % НВ	G [ liter ]
1	Др - Дгю	14.430	10	20	7.36	540	51	7.73
1	Дгю - Др	14.430	23	20	20.06	250	139	21.06
12	Св - Блб	21.360	21	20	11.75	275	55	12.34
12	Блб - Св	21.360	17	20	16.87	350	79	17.72
12	Блб - Ац	13.580	17	20	11.00	350	81	11.55
12	Ац - Блб	13.580	9	20	6.11	555	45	6.42
11	Ста - Кан	16.500	11	20	16.34	510	99	17.15
11	Кан - Ста	16.500	17	20	7.26	350	44	7.62
1	Др - Кан	11.840	10	20	4.14	540	35	4.35
1	Кан - Др	11.840	23	20	16.46	250	139	17.28
1	Др-Ац	6.840	16	20	6.91	370	101	7.25
1	Ац-Др	6.840	19	20	9.17	310	134	9.62
1	Ац-Св	7.790	0	20	2.73	850	35	2.86
1	Св - Ац	7.790	21	20	8.96	275	115	9.41

Фиг. 3. Фрагмент от таблица за изчисляване на разхода на дизелово гориво за тягови нужди

## 2.2. Разход на гориво при потегляне – $B_{пот}$

За прецизиране на нормите, след извършени множество симулации е разработена интерактивна електронна таблица, чрез която може да определи точната стойност на разхода за едно потегляне при различни положителни наклони на пътя. Тъй като зависимостта от наклона не е линейна, възможните му стойности са разделени на две зони – от 0 ‰ до 12 ‰ и от 12 ‰ до 25 ‰. Фрагмент от тази таблица е показана на фиг. 4.

МАСА	Серия 07			Серия 06			Серия 55		
	0 ‰	12 ‰	25 ‰	0 ‰	12 ‰	25 ‰	0 ‰	12 ‰	25 ‰
50	0,57	2,61	15,84	0,47	2,20	13,53	0,53	2,20	12,11
150	0,70	3,01	17,13	0,61	2,80	16,89	0,68	2,80	15,26
200	0,76	3,21	17,82	0,68	3,10	18,57	0,75	3,10	16,84
250	0,83	3,41	18,52	0,75	3,40	20,25	0,83	3,40	18,41

Фиг. 4. Фрагмент от таблица за определяне разхода за едно потегляне

## 2.3. Разход на гориво при изолирано движение на локомотивите – $B_{уз}$

За да бъдат уточнени и прецизирани стойностите на  $b_{уз}$  при изолирано движение на локомотивите, бяха извършени серия от симулации по различни участъци. За съжаление не бе намерена възможност за аналитично или емпирично описание на този относителен разход. Поради тази причина най-точния начин за определяне разхода на гориво при изолирано движение е симулацията на движението и използване на полученият абсолютен разход. Тъй като този разход се използва при определянето на разхода за тягови нужди на леки влакове, той е даден за всеки участък в таблицата, показана на фиг. 3.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дефинирането на отделните компоненти на разхода на дизелово гориво е една добра основа за изработване за нова „Инструкция за техническо нормиране разхода на дизелово гориво от влаковете и маневрени дизелови локомотиви“, която да се използва от всички жп превозвачи.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Велков, К., О. Кръстев. Технологии и системи за управление на влаковете. Учебник за специалността ТУТ на ТУ-София, С., 2011 г.
- [2] Кръстев, О., К. Велков. Тягов релсов състав. Учебник за специалността ТТТ на ТУ-София, С., 2014 г.
- [3] Кръстев О., Б. Дамянов. Нормиране на разхода на гориво на дизелови локомотиви серия 06 и 07. С., сп. Железопътен транспорт бр. 2, 2003 г.
- [4] Кръстев О. Нормирането и отчитането на дизеловото гориво в системата на българските железници – състояние и проблеми. С., сп. Железопътен транспорт, бр. 3, 2003 г.
- [5] ТП – ПЛС 490/15 – Инструкция за техническо нормиране разхода на дизелово гориво от влаковете и маневрени дизелови локомотиви на „БДЖ – ТОВАРНИ ПРЕВОЗИ“ ЕООД .

[6] ТП – ПЛС 491/14 – Инструкция за определяне и осчетоводяване на количествата дизелово гориво в локомотивните депа на „БДЖ – ТОВАРНИ ПРЕВОЗИ“ЕООД.

[7] Стоилов В., О. Кръстев, К. Велков. Ръководство за лабораторни упражнения по дисциплината Железопътна техника I, С., ТУ-София, 2007 г.

**За контакти:**

Доц. д-р Олег Кръстев, Катедра “Железопътна техника”, Технически университет - София, тел.: 02-965 37 69, e-mail: [okrastev@tu-sofia.bg](mailto:okrastev@tu-sofia.bg)