

УДК 625.76.08

ОСОБЛИВОСТІ ПРИВОДУ СПЕЦІАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН

ДАНІЛОВ Р. Г.¹, *к.т.н.*ДОБРОВ О.О.^{2*}, *аспірант.*

¹ Завідуючий відділом нормативно-технічної документації з ВАТ Управління спеціальних програм Центру Спецавтомобілі Федерального державного унітарного підприємства Центрального ордена Трудового Червоного Прапора науково-дослідний автомобільний і автомоторний інститут «НАМИ», Росія, 117624, Москва, вул. Адмірала Ушакова, б. 3, кв. 12. тел. (495) 716-90-34 (дом.), 8-903-597-72-11 (моб.). E-mail: romdanilov@mail.ru.

^{2*} Інженер-конструктор відділу колісних машин Центру Спецавтомобілі Федерального державного унітарного підприємства Центрального ордена Трудового Червоного Прапора науково-дослідний автомобільний і автомоторний інститут «НАМИ», Росія, 111675, Москва, вул. Лухмановская, б. 34, кв. 405. тел. 8-906-776-08-40 (моб.). E-mail: dobrov1605@gmail.com.

Анотація. У роботі представлений огляд досліджень та випробувань пожежних машин (пожежних автоцистерн). Наведено методики підбору двигуна для приводу технологічного обладнання та визначення витрати палива при роботі технологічного обладнання.

Ключові слова: Пожежна машина, автоцистерна, вибір двигуна, витрата палива, технологічне обладнання.

ОСОБЕННОСТИ ПРИВОДА СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

ДАНИЛОВ Р. Г.¹, *к.т.н.*ДОБРОВ А. А.^{2*}, *аспірант.*

¹ Заведующий отделом нормативно-технической документации по ВАТ Управления специальных программ Центра Спецавтомобили Федерального государственного унитарного предприятия Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ», Россия, 117624, Москва, ул. Адмирала Ушакова, д. 3, кв. 12. тел. (495) 716-90-34 (дом.), 8-903-597-72-11 (моб.). E-mail: romdanilov@mail.ru

^{2*} Инженер-конструктор отдела колесных машин Центра Спецавтомобили Федерального государственного унитарного предприятия Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ», Россия, 111675, Москва, ул. Лухмановская, д. 34, кв. 405. тел. 8-906-776-08-40 (моб.). E-mail: dobrov1605@gmail.com.

Аннотация. В работе представлен обзор исследования и испытаний пожарных машин (пожарных автоцистерн). Приведены методики подбора двигателя для привода технологического оборудования и определения расхода топлива при работе технологического оборудования.

Ключевые слова: пожарная машина, автоцистерна, выбор двигателя, расход топлива, технологическое оборудование.

FEATURES DRIVE SPECIAL EQUIPMENT PRODUCTION MACHINES

DANILOV R.¹, *Ph.D.*DOBROV A.^{2*}, *postgraduate.*

¹The Central research and development automobile and engine institute NAMI, Russia, 117624, Moscow, str. Admirala Ushakova, 3 h., 12 sq. phone: (495) 716-90-34 (home), 8-903-597-72-11 (mob). E-mail: romdanilov@mail.ru.

^{2*}Engineer-designer, The Central research and development automobile and engine institute NAMI, Russia, 111675, Moscow, str. Luhmanovskaja, 34 h., 405 sq. phone: 8-906-776-08-40 (mob.). E-mail: dobrov1605@gmail.com.

Summary. The paper presents an overview of the study and testing of fire trucks (fire trucks). The procedures of selection of the motor for driving the technological equipment and the fuel consumption when technological of equipment

Keywords: Fire truck, tanker truck, engine selection, fuel consumption, technological equipment.

Актуальність проблеми. При проектуванні дорожніх і технологічних машин важливо правильно вибирати режим роботи основного двигуна для приводу спецоблад-

нання з урахуванням особливостей його роботи (тривалість безперервної роботи, одночасні роботи іншого обладнання, роботи агрегату в русі). При експлуатації важливо ма-

ти методику розрахунку витрати палива машини в робочому режимі. В статті на прикладі пожежних автоцистерн показані особливості вибору режиму роботи двигуна шасі, а також запропонована методика визначення витрати палива при роботі обладнання.

Аналіз публікацій. В періодичній пресі [1-3] описані результати випробувань пожежних машин. Для визначення витрати палива дорожніх і технологічних машин необхідно встановити значення коефіцієнта використання двигуна по потужності K_m .

Мета статті. Оцінити методику розрахунку витрати палива технологічних машин при тривалій стаціонарній роботі технологічного обладнання.

Основна частина. При створенні технологічних машин на базі автомобільних і тракторних шасі необхідно знати на скільки двигун базового шасі відповідає технологічному обладнанню. Для цього необхідно провести розрахунок балансу потужності машини. Визначення балансу потужності дозволяє визначити потрібну потужність двигуна машини і в разі недостатності потужності базового шасі підібрати додатковий двигун для приводу спецобладнання.

Потрібна потужність двигуна машини для робочого режиму визначається наступною нерівністю [4], кВт:

$$N_{дв.р} \geq \frac{W_p \cdot v_p}{3600 \cdot (1 - \delta) \cdot \eta_{тр}} + N_{всп} + \Sigma N_{р.о.}, \quad (1)$$

$$W_p = m_{п} g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha + \psi_{вр} \frac{a}{g}) + W_{р.о.},$$

де W_p — сумарне опір руху машини в робочому режимі, Н; $m_{п}$ — повна маса машини, кг; f — коефіцієнт опору коченню коліс, $f = 0,02$; α — кут ухилу дороги, $\alpha = 4 \dots 5^\circ$; g — прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $\psi_{вр}$ — коефіцієнт обліку обертових мас,

$$\psi_{вр} = 1 + 0,05 (1 + i^2),$$

де i — передавальне число трансмісії на даній передачі; a — прискорення машини (на нижчих передачах $1,7 \dots 2,0 \text{ м/с}^2$; на вищих $0,15 \dots 0,3 \text{ м/с}^2$); $\eta_{тр}$ — ККД трансмісії; $W_{р.о.}$ — сила опору руху робочих органів, Н,

$$W_{р.о.} = f' \cdot m_{р.о.} g,$$

де f' — коефіцієнт тертя робочого органу по покриттю дороги; $m_{р.о.}$ — маса робочого органу, кг; $v_{раб}$ — робоча швидкість машини, км/год; δ — коефіцієнт буксування, $\delta = 0,15 \dots 0,2$; $N_{всп}$ — потужність на привід допоміжного обладнання (насоса гідросистеми управління, тощо), кВт; $\Sigma N_{р.о.}$ — сумарна потужність на привід робочого обладнання,

$$\Sigma N_{р.о.} = \Sigma \frac{N_{р.о.}}{\eta_{пр}}, \quad (2)$$

де $N_{р.о.}$ — потужність робочого обладнання, кВт; $\eta_{пр}$ — ККД приводу.

Для транспортного режиму потрібна потужність двигуна, визначається як:

$$N_{дв.т} \geq \frac{W_t \cdot v_t}{3600 \cdot (1 - \delta_t) \cdot \eta_{тр}} + N_{всп}, \quad (3)$$

$$W_t = m_{п} g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha + \psi_{вр} \frac{a}{g}) + \frac{C_x F_{п} (v_t + v_{в})^2}{3,6^2},$$

де W_t — сумарний опір руху машини в транспортному режимі, Н; C_x — коефіцієнт обтічності, $C_x = 0,38 \dots 0,8 \text{ Нс}^2/\text{м}^4$; $F_{п}$ — площа лобового опору машини, $F_{п} = 3 \dots 8 \text{ м}^2$; $v_{в}$ — швидкість зустрічного вітру, $v_{в} = 0 \dots 18 \text{ км/ч}$; δ_t — коефіцієнт буксування при транспортному режимі, $\delta_t = 0,03 \dots 0,05$.

Додатковий двигун або стаціонарний режим роботи основного двигуна шасі для приводу робочого обладнання підбирають за формулою

$$N_{дв} = K_{зап} \cdot \Sigma N_{р.о.} + N_{всп}, \quad (4)$$

де $K_{зап}$ — коефіцієнт запасу потужності; $\Sigma N_{р.о.}$ — потужність найбільша з потужностей окремих режимів робочого обладнання.

При тривалому відборі найбільшої потужності потужність двигуна $N_{дв}$ намагаються вибирати в області, що відповідає максимальному крутному моменту, тоді витрата палива на роботу спецобладнання буде найменшою.

Автомобільні дизельні двигуни не пристосовані до тривало віддачі номінальної потужності [4]. Тому для забезпечення оптимального завантаження двигуна коефіцієнт запасу потужності (4) вибирають в межах $K_{зап} = 1,06 \dots 1,15$. Оптимальне значення завантаження забезпечує відносно невисоку інтенсивність зносу деталей двигуна, яка

різко зростає при збільшенні завантаження понад цього значення.

Автомобільні карбюраторні двигуни можуть тривало працювати при віддачі потужності в межах $1/3 \dots 2/3$ від максимальної потужності, при цьому $K_{зап} = 1,35 \dots 1,41$, де більше значення відповідає тривалому режиму роботи двигуна.

Тракторні дизельні двигуни забезпечують запас потужності, необхідний для тривалої роботи двигуна з максимальним навантаженням, $K_{зап} = 1,0 \dots 1,05$.

Коефіцієнти $K_{зап}$ були отримані на випробуваннях пожежних автоцистерн з бензиновими і дизельними двигунами при роботі в стаціонарному 6-годинному режимі на привід пожежного насоса [1—3]. При тривалій стаціонарній роботі технологічного обладнання, розташованого на автомобільному шасі, часто приходиться вирішувати питання перегріву двигуна і агрегатів трансмісії. Це особливо характерно для машин з бензиновими двигунами, у яких більш високий температурний режим роботи. Тому в конструкцію машини вводять більш ємкі радіатори системи охолодження двигуна, додаткові теплообмінники для коробки відбору потужності та екрани захисту від теплового впливу вихлопної системи елементів електрообладнання, кабіни і агрегатів машини.

Використовуючи наведені вище формули, можна підібрати двигун для приводу технологічного обладнання, а також вирішити зворотну задачу — розрахувати витрату палива двигуна при роботі технологічного обладнання.

Витрата палива при стаціонарній роботі пожежного насоса і для режиму роботи двигуна без навантаження визначається за формулою [4], л/хв:

$$G_T = \frac{g_e N_e K_{T.3} K_B K_M K_{TM} K_{и} (1 + \sum_{i=1}^n D_i)}{60000 \rho_T}, \quad (5)$$

де $K_{T.3}$ — коефіцієнт, що враховує витрату пального на запуск, прогрівання і щомісячне технічне обслуговування машин, $K_{T.3} = 1,03$; K_B — коефіцієнт використання двигуна за часом, при стаціонарній роботі агрегату $K_B = 0,94$; $K_{и}$ — коефіцієнт використання

ресурсу двигуна (див. табл. 1); K_{TM} — коефіцієнт типу двигуна (див. табл. 2); K_M — коефіцієнт використання двигуна по потужності (див. табл. 3); D_i — поправочні коефіцієнти (див. табл. 4); ρ_T — щільність палива, кг/л.

Коефіцієнт використання двигуна по потужності K_M (див. табл. 3) залежить від передавального числа трансмісії приводу пожежного насоса, а також запасу потужності в режимі стаціонарної роботи на привід насоса (визначається по зовнішній швидкісній характеристиці двигуна на заданій частоті обертання, необхідної для роботи насоса в номінальному режимі).

Для прикладу розглянемо визначення норм витрат палива легкої пожежної автоцистерни АЦ 0,8–40/2 на шасі ЗІЛ-530104 при використанні в конкретних умовах експлуатації.

Вихідні дані: двигун дизельний ММЗ Д-245.9, номінальною потужністю по ГОСТ 14846–81 — 100 кВт, питома витрата палива — 215 г/(кВт ч). Двигун — новий, після обкатки. Умови експлуатації — міські з населенням менше 1 млн. чол. Період роботи — літній, кліматична зона V, місцевість — рівнинна.

Витрата палива при роботі пожежного насоса визначається за формулою (5). $K_{T.3} = 1,03$; $K_B = 0,94$; $K_M = 0,86$; $K_{TM} = 0,98$; $K_{и} = 1,0$. Поправочний коефіцієнт D_2 приймається рівним 0,08.

$$G_T = \frac{215 \cdot 100 \cdot 1,03 \cdot 0,94 \cdot 0,86 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot (1 + 0,08)}{60000 \cdot 0,825}$$

$$G_T = 0,383 \text{ л/хв.}$$

Проведені випробування показали, що витрата палива автоцистерни АЦ 0,8–40/2 (530104) при роботі насоса в стаціонарному 6-годинному режимі склала 0,37 л/хв. Похибка розрахунків склала 3,34 %.

Висновки. Проведені дослідження виявили можливість використання автомобільних двигунів різних типів для приводу технологічного обладнання як у стаціонарному режимі, так і в русі.

Розроблена методика дозволяє визначити витрату палива на привід насоса в стаціонарному режимі з похибкою до 5 %.

Таблиця 1.

Значення коефіцієнта K_n

Двигун	Значення коефіцієнта K_n при використанні ресурсу двигуна, %		
	0...30	30...80	80...100
Ресурс двигуна, %			
Дизельний	1	1,05	1,1
Карбюраторний	1	1,05	1,2

Таблиця 2.

Значення коефіцієнта K_{TM}

Двигун	Значення коефіцієнта K_{TM} при значеннях коефіцієнта K_M					
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Коефіцієнт K_M						
Тракторний дизельний	1,28	1,14	1,08	1,05	1,02	0,95
Автомобільний дизельний	1,2	1,09	1,05	1,02	1,01	0,98
Карбюраторний	1,08	1,04	1,03	1,02	1,01	1

Примітка: при значеннях K_M , не зазначених у табл. 3, K_{TM} визначається інтерполяцією.

Таблиця 3.

Пожежний автомобіль	Виробник	Шасі	Двигун	N_e , кВт	g_e , г/(кВт ч)	Коробка відбору потужності (КОМ)	i КОМ	$N_{p.o.}$, кВт	Передача в коробці передач (КПП)	K_M
АЦ 2,5-20 (3307)	Пожтехника (Торжок)	ГАЗ-3307	ЗМЗ-513.10	92	286	КОМ-146	1,0	65,5	Пряма передача	0,84
АЦ 1,6-40 (3308)	ВЗПСО (Варгаши)	ГАЗ-3308	ЗМЗ-5233.10	96	279	КОМ-146	1,0	62,2	Пряма передача	0,80
АЦ 40 (130)-63Б	Пожспецмаш (Прилуки)	ЗИЛ-130	ЗИЛ-508.10	110	292	КОМ-68Б	0,85	62,2	—	0,82
АЦ 2,5-40 (433364)	Пожтехника (Торжок)	ЗИЛ-433364	ЗИЛ-508.10	110	292	ЗИЛ-433364	0,48	62,2	3 передача	0,98
АЦ 2,5-40 (433362)		ЗИЛ-433362	ЗИЛ-508.10	110	292	КОМ МП-68	0,55	62,2	4 передача	0,80
АЦ 1,0-40/2 (5301)	АМО ЗИЛ (Москва)	ЗИЛ-5301ГА	ММЗ Д-245.12С	80	218	КОМ-68Б	0,85	65	—	0,975
АЦ 1,0-40/2 (5301)		ЗИЛ-5301МЕ	ММЗ Д-245.9	100	215	КОМ МП-68	0,55	65	3 передача	0,96
АЦ 3,2-40 (433104)		ЗИЛ-433104	ЗИЛ-645	136	215	ЗИЛ-433104	0,48	62,2	8 передача	0,70
АЦ 3,2-40 (433124)		ЗИЛ-433124	ЗИЛ-509.10	129	292	ЗИЛ-433364	0,48	62,2	3 передача	0,89
АЦ 2,5-40 (433474)		ЗИЛ-433474	ЗИЛ-509.10	129	292	ЗИЛ-433474	0,7	62,2	Пряма передача	0,73
АЦ 2,5-40 (433424)		ЗИЛ-433424	ЗИЛ-645	136	215	ЗИЛ-433474	0,7	62,2	Пряма передача	0,56
АЦ 0,8-40/2 (530104)		ЗИЛ-530104	ММЗ Д-245.9	100	215	ЗИЛ-530104	0,86	65	—	0,86
АЦ 3,2-40/4 (433114)		ЗИЛ-433114	ЗИЛ-509.10	129	292	ЗИЛ-433114	0,86	65	—	0,86
АЦ 2,0-40/4 (433184)		ЗИЛ-433184	ММЗ Д-260.5Е3	169	212	КОМ МП-77	0,52	85	Пряма передача	0,80
АЦ 2,0-40/4 (4331М4)		ЗИЛ-4331А4	Deutz-TCD 2013 L04	158	204	Chelsea-Parker 859XWFLP-D5AC	0,48	85	—	0,57
АЦ 8-40 (53229)	КамАЗинструмент-спецмаш	КамАЗ-53229	КамАЗ-740.13-260	191	207	КОМ МП-23 (від коробки передач)	0,64	65,5	10 передач КПП КамАЗ-15	0,71
АЦ 5-40 (43114)	(Набережні Челни)	КамАЗ-43114	КамАЗ-740.11-240	176	207	КОМ МП-24 (від роздавальної коробки КамАЗ-4310)	0,69	65,5	5 передача	0,80
АЦ 7-40 (43118)		КамАЗ-43118	КамАЗ-740.13-260	191	207	65,5		КПП КамАЗ-14	0,83	
АЦ 8-40 (53228)		КамАЗ-53228	КамАЗ-740.11-240	176	207	65,5		10 передача	0,625	
АА 8-60 (43118)		КамАЗ-43118	КамАЗ-740.13-260	191	207	100		КПП КамАЗ-15	0,64	
АЦ 3,0-40 (43206)	Урало-Сибирская	Урал-43206	ЯМЗ-236М2	132	214	КОМ МП-25 (від роздавальної коробки Урал-4320)	0,64	65,5	Пряма передача	0,86
АЦ 5,5-40 (5557)	Пожарно-техническая компания (Міас)	Урал-5557	ЯМЗ-236НЕ2	169	207	65,5		Пряма передача	0,89	
АЦ 8,0-40 (4320)	Урал-4320	ЯМЗ-238М2	176	214	65,5	Пряма передача		0,87		
АЦ 3,2-40/4 (43253)	Спецтехника пожаротушения (Москва)	КамАЗ-43253	Cummins 6ISBe 210	154	204	НН 1В від коробки передач ZF-6S1000	0,53	80	—	0,53
АЦ 2,0-40 (4308)		КамАЗ-4308	Cummins 4ISBe 185	136	204	80		—	0,53	

Таблиця 4.

Фактори, що збільшують індивідуальну норму витрати палива

Фактори, що збільшують індивідуальну норму витрати палива	Поправочні коефіцієнти D_i	
Для автомобілів, що вийшли з капітального ремонту, і для нових автомобілів при пробігу першої 1000 км	D_1	0,05
Внутрішньо гаражні витрати, перегони, технічне обслуговування, ремонт (крім капітального) та зберігання машин	D_2	0,05...0,08
Практичне навчання і стажування персоналу	D_3	0,10...0,25
Обмежені умови роботи	D_4	0,10
Перевезення вантажів, що вимагають знижених швидкостей руху	D_5	0,10
Робота в містах з населенням понад 1 млн. чоловік	D_6	0,10
Робота в польових і лісових умовах	D_7	0,10...0,20
Робота у важких дорожніх умовах в період сезонного бездоріжжя, снігових і піщаних заметів	D_8	0,10...0,35
Робота в гірських місцевостях на висоті над рівнем моря, м: от 500 до 1500 от 1501 до 2000 от 2001 до 3000 понад 3000	D_9	0,05 0,10 0,15...0,20 0,20...0,30

продовження таблиці 4.

Робота в зимову пору при середньодобовій температурі повітря нижче 0°C в кліматичних зонах:	D_{10}	
I, II (період роботи 3 місяці)		0,05
III (період роботи 4 місяці)		0,07
IV, VII (період роботи 5 місяців)		0,10
VIII (період роботи 6 місяців)		0,12
IX, X (період роботи 6 місяців)		0,15
XI (період роботи 6 місяців)		0,18
XI (період роботи 7 місяців)		0,20

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Данилов, Р. Г. Определение норм расхода топлива пожарных автомобилей // Строительные и дорожные машины, 2005, №1. – С. 26-28.
2. Данилов, Р. Г. Пожарная автоцистерна ЗИЛ-433114 // Строительные и дорожные машины, 2005, №8. – С. 25-26.
3. Данилов, Р. Г. Теплорегулирующий комплекс пожарного автомобиля ЗИЛ-530104 // Пожарное дело, 2005, №3. – С. 46.
4. Машины для содержания городских и автомобильных дорог: в 2 кн. Кн. 1. Содержание дорог в летний период: учебное пособие для вузов / В. И. Баловнев, Р. Г. Данилов, А. Г. Савельев; под общ. ред. В. И. Баловнева. –3-е изд., доп. и перераб. –М.: Техполиграфцентр, 2013. –333 с.

REFERENCES

1. Danilov, R. G. *Opredelenie norm raskhoda topliva pozharnyh avtomobilej* [Determination of fuel consumption rates of fire trucks] // *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2005, №1. – P. 26-28.
2. Danilov, R. G. *Pozharnaya avtocisterna ZIL-433114* [Fire fighting vehicle ZIL-433 114] // *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2005, №8. – P. 25-26.
3. Danilov, R. G. *Teplereguliruyushchij kompleks pozharnogo avtomobilya ZIL-530104* [Heat regulating complex fire ZIL-530104] // *Pozharnoe delo*, 2005, №3. – P. 46.
4. *Mashiny dlya sodержaniya gorodskih i avtomobil'nyh dorog: v 2 kn. Kn. 1. Soderzhanie dorog v letnij period: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Machines for maintenance of urban and highways: 2 Vol. Bk. 1. Road maintenance in the summer: a textbook for high schools] / V. I. Balovnev, R. G. Danilov, A. G. Savel'ev; pod obshch. red. V. I. Balovneva. –3-e izd., dop. i pererab. –M.: Tekhpolygrafcentr, 2013. – 333 p.