

## ТРАНСПОРТ

---

---

УДК 629.3.014

Говорущенко Н.Я., д.т.н., Мастепан С.Н., аспирант

ХНАДУ, г. Харьков

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ РАБОТЫ НА ФИЗИЧЕСКИЙ РЕСУРС ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

*Теоретически и экспериментально исследовано влияние условий эксплуатации, факторов транспортного процесса и конструктивных параметров на физический ресурс транспортной машины. Выдвинуты и проанализированы гипотезы о возможных методах определения остаточного ресурса машины. Соответственно сформулированным гипотезам, разработаны и представлены математические модели определения физического ресурса транспортной машины.*

#### **Введение**

Одним из основных направлений, обеспечивающих повышение эффективности функционирования технических служб автотранспортных предприятий, является развитие методов и моделей нормирования, прогнозирования и планирования процессов эксплуатации транспортных машин (внедрение кибернетических основ функционирования) [1].

Существенное значение в организации эксплуатации транспортных машин занимает прогнозирование остаточного ресурса.

#### **Анализ последних исследований и публикаций**

Внедрение кибернетических методов на транспорте вызвало ряд исследований транспортных процессов, условий в которых они осуществляются, закономерностей изменения технического состояния агрегатов и систем транспортных машин, факторов, влияющих на эти изменения [2, 3, 4].

Эффективность процессов на предприятиях транспорта зависит от обоснованности системы обслуживания и ремонта транспортных машин, рациональности и оптимальности методов и способов определения их физического ресурса [1, 5]. Существующие методы определения физического ресурса в основном основаны на статистическом подходе [3, 4, 5] и лишь косвенно учитывают условия, в которых работает машина.

В связи с этим, особо актуальной становится задача разработки детерминированных методов расчета физического ресурса транспортных машин с учетом условий их работы.

#### **Постановка задачи**

Выполненный анализ результатов проведенных ранее научных исследований позволил определить актуальные и перспективные направления исследований.

Проблема улучшения эксплуатационных показателей транспортных машин является комплексной и лежит в плоскости их проектирования, производства и эксплуатации.

Уже на стадии проектирования и производства, для разных условий эксплуатации и конструктивных параметров машины, необходимо иметь возможность оценивать такие важные показатели, как физический ресурс и расход топлива.

Целью работы является исследование влияния факторов транспортного процесса и конструктивных параметров на физический ресурс машины.

### Решение задачи

Физический ресурс транспортной машины в наибольшей мере определяется ее конструктивными особенностями и условиями работы.

На основании энергетического подхода к эксплуатации и классической теории трения можно сформулировать три возможных варианта определения физического ресурса транспортной машины, т.е. выдвинуть три гипотезы. В соответствии с выдвинутыми гипотезами ресурс можно определить:

- по суммарному износу двигателя (как основного, наиболее дорогостоящего агрегата);
- по суммарному расходу топлива;
- по приведенному, с учетом условий эксплуатации, суммарному пробегу.

В соответствии с выдвинутыми гипотезами разработаны математические модели определения остаточного физического ресурса транспортной машины.

Математические модели базируются на приведенных ниже зависимостях.

По суммарному износу двигателя физический ресурс

$$L_o = K \cdot \delta_{ocm} , \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий особенности конструкции агрегата;

$\delta_{ocm}$  – остаточный ресурс агрегата (основной детали).

По суммарному расходу топлива

$$L_o = 100(Q_c - Q_r) / H_m , \quad (2)$$

где  $Q_c$  – суммарный расход топлива, л;

$Q_r$  – текущее значение суммарного (накопленного) расхода топлива, л;

$H_m$  – норма расхода топлива машиной, л/100 км.

По приведенному суммарному пробегу, с учетом условий эксплуатации

$$L_o = [L_{kp} - (L_1 / k_1 + L_2 / k_2 + L_3 / k_3 + L_4 / k_4 + L_5 / k_5)] = L_{kp} - (L_1 - \sum_{i=2}^n L_i / k_i) , \quad (3)$$

где  $L_i$  – пробеги в различных условиях, км;

$k_i$  – корректирующие коэффициенты.

При разработке математических моделей необходимо учитывать особенности конструкции машины, дорожные, транспортные и атмосферно-климатические условия эксплуатации. Для этого необходимо всесторонне изучить условия ее функционирования.

С научной точки зрения особую ценность представляют 1-я и 2-я гипотезы. Первая основана на зависимости износа двигателя от скоростного и нагрузочного режимов его работы (рис. 1) [6].

Пробег до капитального ремонта в соответствии с данной моделью

$$L_{kp} = \frac{F_{\delta\epsilon} \cdot V_a}{60 \cdot (0,1 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot P_e)} \text{ км} , \quad (4)$$

где  $V_a$  – средняя скорость, км/ч;

$P_e$  – эффективное давление;

$F_{\delta\epsilon}$  – суммарный допустимый износ двигателя, мг,

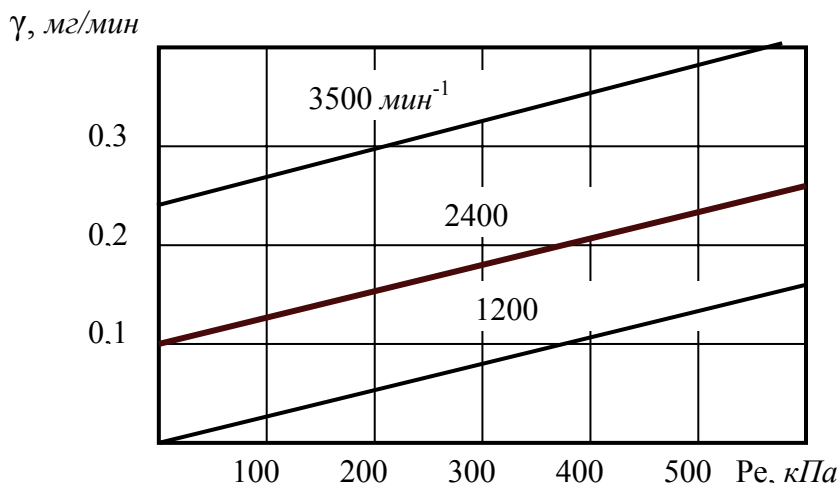


Рис. 1. Зависимость износа двигателя автомобиля ГАЗ-3302 от скоростного и нагрузочного режимов

$$F_{\text{ов}} = 0,523 \cdot S_n \cdot D_{\text{ц}} \cdot X_{\text{ц}} \cdot \rho \cdot \delta_{\text{max}}, \quad (5)$$

здесь  $S_n$  – ход поршня, мм;

$D_{\text{ц}}$  – диаметр цилиндра, мм;

$X_{\text{ц}}$  – число цилиндров;

$\delta_{\text{max}}$  – максимальный износ цилиндров, мг;

$\rho$  – плотность металла цилиндра мг/мм<sup>3</sup>.

Эффективное давление

$$P_e = 12,56 \cdot \frac{r_k}{V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_{\text{мп}}} (G_a \cdot \psi + 0,077 \cdot kF \cdot V^2), \quad (6)$$

где  $r_k$  – радиус колеса;

$i_0$  – передаточное отношение трансмиссии;

$i_k$  – передаточное отношение колеса;

$\eta_{\text{мп}}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии.

Для автомобиля ГАЗ-3302, при средних скоростях  $V_a$  – 60 и 26 км/ч, по зависимости (6) определены значения  $P_e$ . Они составили 365 и 181 кПа. Для этих же скоростей определены пробеги до капитального ремонта  $L_{\text{кр}}$  соответственно 251,14 и 144,19 тыс.км.

Вторая гипотеза предполагает, что суммарный износ автомобиля пропорционален общему расходу энергии (расходу топлива). Расход топлива – интегральный показатель, характеризующий весь уровень эксплуатации и технического состояния всех систем и механизмов автомобиля.

Расход топлива – суммарный энергетический показатель, определяющий затраты на трение в агрегатах автомобиля и на перемещение груза в конкретных условиях эксплуатации. Поэтому можно предположить, что пробег до капитального ремонта  $L_{\text{кр}}$  и норма расхода топлива  $H$  есть функции среднего эффективного давления  $P_e$ , и их произведение  $L_{\text{кр}} \cdot H = \Delta$  для данного автомобиля величина постоянная.

Норму расхода топлива  $H$  можно найти, используя зависимость коэффициента полезного действия транспортной машины [7]

$$\eta_a = \frac{100P_g}{H_n \rho_T H}, \quad (7)$$

где  $P_g$  – усилие, затрачиваемое на перемещение машины;

$H_n$  – низшая теплотворность топлива;

$\rho_T$  – плотность топлива.

Норма расхода топлива

$$H = \frac{100P_g}{H_n \rho_T \eta_a}. \quad (8)$$

Усилие, затрачиваемое на перемещение машины

$$P_g = G_a \cdot i + 0.077kF \cdot V_a^2 + \beta \cdot M \cdot V_a, \quad (9)$$

где  $G_a$  – вес транспортной машины;  $i$  – средневзвешенное передаточное число;  $kF$  – фактор обтекаемости машины;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий вращающиеся массы машины;  $M$  – масса машины.

Подставив значение  $P_g$  в (7) и разделив слагаемые числителя на массу машины  $M$ , получим новую зависимость нормы расхода топлива

$$H = \frac{100M(g \cdot i + 0.077kF \cdot V_a^2 / M + \beta \cdot V_a)}{H_n \rho_T \eta_a}, \quad (10)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Выражение, взятое в скобки, в зависимости (10) является «шумом ускорения»  $K_{ш}$  [7]

$$K_{ш} = g \cdot i + 0.077kF \cdot V_a^2 / M + \beta \cdot V_a. \quad (11)$$

Через «шум ускорения» расход топлива выражается зависимостью

$$H = \frac{100M \cdot K_{ш}}{H_n \cdot \rho_T \cdot \eta_a}. \quad (12)$$

Используя выражение (12), можно получить модель физического ресурса транспортной машины с учетом условий эксплуатации

$$L_{кр} = \frac{\Delta \cdot H_n \cdot \rho_T \cdot \eta_a}{100M \cdot K_{ш}}. \quad (13)$$

Проведенные на девяти участках дорог Харьковской, Донецкой и Луганской областей экспериментальные исследования режимов движения подтвердили правомерность энергетического подхода к определению физического ресурса машины (табл.1).

Полученные результаты показали, что в различных условиях эксплуатации существенно изменяются показатели режимов работы, определяющие физический ресурс транспортной машины. Так, коэффициент сопротивления движению в тяжелых условиях работы (средняя скорость движения  $V_a = 11,4$  км/ч) превышает в 20,5 раза этот же показатель в легких условиях ( $V_a = 64,8$  км/ч), средневзвешенное передаточное число соответственно – в 2,7 раза, число оборотов двигателя на 1 км пробега – в 2,75 раза. Расход топлива, характеризующий энергетические затраты, меняется соответственно в 3,3 раза.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований режимов движения машин

Наименование показателя	Номер дорожного участка								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина участка, км	7,35	6,25	15,60	17	14,3	30,30	34,60	30,80	23,30
Средняя скорость, км/ч	11,40	21,77	38,77	43,85	45,71	52,31	55,99	59,25	64,80
Расход топлива на участке, л	3,56	1,71	2,74	2,76	2,24	4,65	5,24	4,64	3,41
Удельн. расход топл., л/100 км	48,47	27,40	17,58	16,03	15,65	15,34	15,14	15,06	14,64
Время движения на 1-5 передачах при передаточном числе $i$ , мин.:									
1 - 4,05	9,31	0,77	1,12	1,06	0,28	0,53	0,15	0,26	0,52
2 - 2,34	27,74	12,51	2,14	1,68	0,32	1,66	1,52	0,38	0,48
3 - 1,396	0,00	3,37	3,36	1,94	3,60	2,66	5,01	4,27	0,49
4 - 1,00	0,00	0,00	10,95	8,56	4,96	7,76	12,86	9,93	6,94
5 - 0,849	0,00	0,00	5,64	5,96	8,79	17,61	14,09	11,25	12,13
Суммарное время движения на 1-5 передачах, мин	37,05	16,64	23,19	19,19	17,94	30,21	33,61	26,08	20,56
Средневзвешенное передаточное число коробки передач	2,653	2,152	1,238	1,051	1,030	0,933	0,970	0,877	0,981
Количество оборотов двигателя на 1 км	5623	4536	2600	2042	2157	1854	1977	1743	2044
Коэффициент сопротивления движению	0,246	0,064	0,021	0,018	0,018	0,015	0,014	0,014	0,012

### Выводы

Полученные аналитические зависимости физического ресурса транспортной машины достаточно полно учитывают дорожные, транспортные и атмосферно-климатические условия эксплуатации. Они могут быть положены в основу детерминированных методов определения физического ресурса транспортной машины.

### Список литературы

1. Техническая кибернетика транспорта: Учебное пособие / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Харьков: ХГАДТУ, 271 с.
2. Бажинов А.В., Наглюк И.С., Прогнозирование остаточного ресурса и периодичность замены масла в агрегатах трансмиссии автомобилей // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. Сб. науч. тр. – Харьков: ХАПУ, вып. 95, 2000. – С. 130-135.
3. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
4. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: Учебник: В 3 кн. / В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко, И.П. Курников, И.А. Луйк. – К.: Вища школа, 1991. – Кн. 1. – 359 с., Кн. 2. – 406 с.
5. Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту / Міністерство транспорту України. – К., 1994. – 36 с.
6. Бажинов А.В. Научные основы оценки ресурса силовых агрегатов транспортных машин с учетом условий эксплуатации: Дис... докт. техн. наук: 05.22.20 / ХНАДУ, 2001. – 324 с.
7. Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. Системотехника проектирования транспортных машин. Учебное пособие. – Изд. 3-е, испр. и доп. 2001. — Харьков: ХНАДУ, 2004. – 208 с.

Стаття надійшла до редакції 24.04.06  
© Говорущенко Н.Я., Мастепан С.Н., 2006