

## МЕТОДИКА КОРРЕКТИРОВАНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

**Кривошапов С.И., к.т.н., доц.**

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

*Указаны недостатки законодательной базы по определению периодичности технических обслуживания транспортных машин на Украине. Изложены основные принципы аналитического определения пробега между техническими воздействиями. Разработанная математическая модель учитывает реальные дорожных и транспортных условий эксплуатации машин.*

**Ключевые слова:** *автомобиль, эксплуатационные свойства, расход топлива, ресурс, математическое моделирование, силовые агрегаты*

**Введение.** Эффективность эксплуатации машин зависит от степени надежности основных силовых агрегатов. В процессе эксплуатации машина теряет качества, которые были заложены конструкторами и заводом изготовителем. Для уменьшения скорости потерь качества в процессе работы автомобилем необходимо проводить профилактические обслуживания (ЕО, ТО, СО), а для восстановления утраченных качеств производить ремонт машины.

**Анализ литературных источников.** В настоящее время на Украине номенклатура и периодичность технических обслуживаний регламентируется приказом № 102 Министерством транспорта от 1998 года [1]. В этом нормативном документе для дорожно-транспортных средств принята планово-предупредительная система технического обслуживания, установлены перечень технических воздействий в период эксплуатации машин, включающие обязательные работы по ТО-1 и ТО-2, определена периодичность и трудоемкость проведения профилактических обслуживаний. К сожалению, в этом нормативном документе не предусмотрена возможность изменения периодичности технических обслуживаний в зависимости от условий эксплуатации. Хотя предыдущее положение, которое действовало на территории Украины до 1998 года [2], такую корректировку предусматривало.

Более перспективным является переход от планово-предупредительной системы технического обслуживания к системе по фактическому техническому состоянию [3]. В такой системе периодически проводятся обязательные работы и диагностирование, по результату которого определяются объемы технического обслуживания и необходи-

мость выполнения предупреждающего эксплуатационного ремонта (устранения неисправностей). Периодичность проведения диагностических и обязательных работ зависит от условий эксплуатации машины по энергетическому критерию – расходу топлива. Все условия эксплуатации разбиты на 5 категорий, для которых были получена средняя техническая скорость и коэффициент корректирования периодичности технического обслуживания, рассчитанная в километрах.

В особо сложных условиях эксплуатации машин в работе [4], предложено ввести 6 и 7 категорию дорог, со средними скоростями движения 20 и 14 км/ч соответственно. Значение корректирующих коэффициентов определялась по трем различным методикам: по интенсивности износа цилиндропоршневой группы, по расходу топлива и по шуму ускорения. Однако, предложенные значения коэффициентов для одной и той же группы варьировались в широком диапазоне, например, для 5 категории дорог – от 0,71 до 0,49, что составляет более 44 %, а это усложняет нормирование.

**Цели и задачи исследования.** Целью данного исследования является совершенствование методики расчета нормативных значений пробега между техническими обслуживаниями машин. Для этого необходимо получить аналитические зависимости изменения периодичности технического состояния машины в зависимости от конструктивных и эксплуатационных факторов.

**Составление математической модели.** Завод изготовитель закладывает определенное количество технических обслуживаний за цикл (ресурс машин). Нормативные значения периодичности технических обслуживаний устанавливаются для условий эксплуатации, соответствующие 1-й категории дорог. На примере автомобиля ЗИЛ-431410 рекомендовано: ТО-1 проводить через 4000 км, ТО-2 – через 16000 км, пробег до капитального ремонта двигателя – 300 тыс. км; автомобиля – 350 тыс. км [5].

Количество работ по техническому обслуживанию за цикл можно рассчитать по следующим формулам:

$$N_{TO-2} = \frac{L_{kp}^n}{L_{TO-2}^n} - 1; \quad N_{TO-1} = \frac{L_{kp}^n}{L_{TO-1}^n} - (1 + N_{TO-2}), \quad (1)$$

где  $L_{TO-1}^n$ ,  $L_{TO-2}^n$  и  $L_{kp}^n$  - нормативная периодичность ТО-1, ТО-2 и пробег до капитального ремонта, соответственно, установленная заводом изготовителем, км.

Автомобиль, эксплуатируемый в сложных условиях эксплуатации, требует проведения более частого технического обслуживания, но и ресурс машины в целом тоже сокращается, в то время как количество об-

служиваний за цикл остается без изменения. Тогда

$$L_{TO-2} = \frac{L_{кр}}{N_{TO-2} + 1} = L_{TO-2}^h \cdot \frac{L_{кр}}{L_{кр}^h}; \quad L_{TO-1} = \frac{L_{кр}}{N_{TO-1} + N_{TO-2} + 1} = L_{TO-1}^h \cdot \frac{L_{кр}}{L_{кр}^h}. \quad (2)$$

Обозначим  $\frac{L_{кр}}{L_{кр}^h} = k_m$  - через коэффициент корректирования периодичности ТО. Тогда  $L_{TO-2} = L_{TO-2}^h \cdot k_m$  и  $L_{TO-1} = L_{TO-1}^h \cdot k_m$ .

В работе [6] предложена следующая формула расчета ресурса машин:

$$L_{кр} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 10^3 \cdot S_n \cdot D_n \cdot \rho_m \cdot X_n \cdot \delta_{\max} \cdot V_a}{\Omega \cdot (A'_n \cdot n + B'_n \cdot n^2 + A'_p \cdot P_e)}. \quad (3)$$

где  $S_n$  - ход поршня, м;  $D_n$  - диаметр цилиндра, м;  $\rho_m$  - плотность материала цилиндра, г/см<sup>3</sup>;  $X_n$  - количество цилиндров;  $\delta_{\max}$  - максимальный износ цилиндра, мм;  $\Omega$  - суммарный расход топлива, л;  $n$  - частота вращения коленчатого вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;  $P_e$  - среднее эффективное давление, кПа;  $A_n$ ,  $B_n$  и  $A_p$  - эмпирические коэффициенты.

Значения коэффициентов  $A'_n$ ,  $B'_n$  и  $A'_p$  можно получить расчетным путем, по методике, изложенной в работе [6]:

$$A'_n = \frac{3 \cdot a_m \cdot V_h}{H_n \cdot \rho_m}, \quad B'_n = \frac{0.1 \cdot b_m \cdot V_h \cdot S_n}{H_n \cdot \rho_m}, \quad A'_p = \frac{8 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot K_c \cdot V_{\max} \cdot i_{кр}}{r_k \cdot H_n \cdot \rho_m}. \quad (4)$$

где  $a_m$  и  $b_m$  - коэффициенты механических потерь в двигателе;  $H_n$  - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;  $\rho_m$  - плотность топлива, г/см<sup>3</sup>;  $V_h$  - рабочий объем цилиндров двигателя, л;  $S_n$  - ход поршня, м;  $i_0$  - передаточное число главной передачи;  $K_c$  - скоростной коэффициент;  $V_{\max}$  - максимальная скорость автомобиля, км/ч;  $i_{кр}$  - передаточное число повышенной (максимальной) передачи.  $r_k$  - динамический радиус колеса, м.

Значение коэффициента корректирования периодичности  $k_{mo}$  можно получить из формулы (3):

$$k_m = \frac{(A'_n \cdot n_n + B'_n \cdot n_n^2 + A'_p \cdot P_{en}) \cdot V_a}{(A'_n \cdot n + B'_n \cdot n^2 + A'_p \cdot P_e) \cdot V_{an}}. \quad (5)$$

В формуле (5) индекс обозначает величины  $n_n$ ,  $P_{en}$ ,  $V_{an}$ , которые рассчитываются для 1-й группы условий эксплуатации (нормированный условий эксплуатации).

В работе [7] приведены следующие формулы эксплуатационной частоты вращения коленчатого вала и среднего эффективного давления двигателя:

$$n = \frac{2.65 \cdot K_c \cdot i_o \cdot i_{kp} \cdot V_{\max}}{r_k}; \quad (6)$$

$$P_e = \frac{12.5 \cdot r_k \cdot (G_a \cdot 0.01 \cdot V_{\max} + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^3)}{V_h \cdot i_o \cdot K_c \cdot V_{\max} \cdot i_{kp} \cdot \eta_{mp}}, \quad (7)$$

Подставим формулы (6) и (7) с учетом зависимостей (4) в формулу (5) коэффициента корректирования периодичности. Тогда

$$k_m = \left( \frac{3 \cdot a_m \cdot V_h}{H_n \cdot \rho_m} \cdot \frac{2.65 \cdot K_c \cdot i_o \cdot i_{kp} \cdot V_{\max}}{r_k} + \frac{0.1 \cdot b_m \cdot V_h \cdot S_n}{H_n \cdot \rho_m} \cdot \frac{2.65^2 \cdot K_c^2 \cdot i_o^2 \cdot i_{kp}^2 \cdot V_{\max}^2}{r_k^2} + \frac{100 \cdot (G_a \cdot 0.01 \cdot V_{\max} + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^3)}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_{mp}} \right) \cdot \frac{V_a}{V_{an}} \left/ \left( \frac{3 \cdot a_m \cdot V_h}{H_n \cdot \rho_m} \cdot \frac{2.65 \cdot K_c \cdot i_o \cdot i_{kp} \cdot V_{\max}}{r_k} + \frac{0.1 \cdot b_m \cdot V_h \cdot S_n}{H_n \cdot \rho_m} \cdot \frac{2.65^2 \cdot K_c^2 \cdot i_o^2 \cdot i_{kp}^2 \cdot V_{\max}^2}{r_k^2} + \frac{100 \cdot (G_a \cdot 0.01 \cdot V_{\max} + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^3)}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_{mp}} \right) \right.$$

**Анализ.** В общую формулу коэффициента корректирования периодичности подставим параметры конкретного автомобиля. Для примера рассчитаем  $k_m$  для автомобиля ЗИЛ-431510, при следующих исходных данных:  $a_m = 45$  кПа,  $V_h = 6$  л,  $H_n = 44000$  кДж/кг,  $\rho_m = 0.76$  г/см<sup>3</sup>,  $K_c = 0.6$ ,  $i_o = 6.83$ ,  $i_{kp} = 1$ ,  $V_{\max} = 90$  км/ч,  $r_k = 0.48$  м,  $b_m = 13$  кПа·с/м,  $S_n = 0.1$  м,  $G_a = 103250$  Н,  $kF = 2.4$  Н·с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>,  $\eta_{mp} = 0.9$ ,  $V_{an} = 60$  км/ч. Тогда формула коэффициента корректирования периодичности примет следующий вид:

$$k_m = \frac{9.79 \cdot V_a}{454.8 + 0.000614 \cdot V_a^3}. \quad (8)$$

Если подставить в формулу (8) значение средней технической скорости, которая характеризует категорию условий эксплуатации машин, то можно получить численные значения корректирующего коэффициента периодичности технического обслуживания автомобиля для каждой группы дорог. Такие данные приведены в последнем столбце табл. 1.

Таблица 1. Значения корректирующих периодичность технических обслуживаний коэффициентов полученных по разным методикам

Категория условий эксплуатации	Ср.техн. скорость, км/ч	По положению		Методика [4]			Предложения
		1984 года [2]	ХАДИ [3]	по интенси- износа	по расходу топли- ва	по шуму ускоре- ния	
1	60	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	48	0,9	0,9	0,89	0,97	0,87	0,9
3	37	0,8	0,77	0,78	0,9	0,73	0,75
4	31	0,7	0,67	0,68	0,82	0,63	0,64
5	27	0,6	0,59	0,56	0,71	0,49	0,57
6	20	-	-	0,38	0,44	0,29	0,43
7	14	-	-	0,23	0,25	0,17	0,3

Полученные расчетные значения хорошо согласуются с остальными методиками [2, 3, 4], которые для сравнения также приведены в табл. 1.

**Выводы.** Приведенная методика позволяет аналитическим способом определить коэффициент корректирующий пробеги между техническими обслуживаниями с учетом конструктивных параметров машины и условий ее эксплуатации. Полученные результаты могут быть использованы при организации проведения профилактических работ транспортных машин.

#### Список использованных источников

1. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Міністерство транспорту України, 1998. – 17 с.
2. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Министерство автомобильного транспорта РСФСР, 1984. – 73 с.
3. Положение о профилактическом обслуживании и ремонте транспортных машин (Методические рекомендации). – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 39 с.
4. Мастепан С.Н. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса транспортных машин с помощью детерминированных методов расчета : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / С.Н. Мастепан. – Харків: ХНАДУ, 2006. – 167 с.
5. Р 3112199-0242-85. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. Часть вторая (нор-

- мативная). Автомобили семейства ЗиЛ-431410. – М.: Минавтосельхозмаш, 1985. – 28 с.
6. Кривошапов С.И. Оценка ресурса транспортных машин / С.И. Кривошапов // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенко. – Вип. 151. – 2014. – С. 47-52. – (Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва).
7. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков: ХНАДУ, 1999. – 457 с.

## **Анотація**

### **МЕТОДИКА КОРИГУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН**

**Кривошапов С.І.**

*Вказані недоліки законодавчої бази щодо визначення періодичності технічних обслуговування транспортних машин на Україні. Викладені основні принципи аналітичного визначення пробігу між технічними впливами. Розроблена математична модель враховує реальні дорожніх і транспортних умов експлуатації машин.*

## **Abstract**

### **METHODS CHANGE PERIODICITY OF MAINTENANCE SERVICE OF TRANSPORT MACHINES**

**Krivoschapov S.I.**

*Disadvantages of the legislative framework to determine the periodicity maintenance of transport vehicles in Ukraine. The basic principles of analytical determination path between technical works. The developed mathematical model takes into account the actual road and traffic operating conditions machines.*