

Кривошапов С.И.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
e-mail: teas@khadi.kharkov.ua

**НОРМИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И
РЕСУРСА ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН В
СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

УДК 629.113.004

Рассмотрены недостатки в законодательной базе по нормированию периодичности технических обслуживания транспортных машин. Изложены основные принципы аналитического определения периодичности между техническими воздействиями. Разработанная математическая модель учитывает сложные дорожные или технологические условий эксплуатации машин, в которых предложено нормировать сроки проведения плановых обслуживаний как по пробегу, так и по времени работы

Ключевые слова: машина, техническое обслуживание, ресурс, эксплуатационные свойства, математическое моделирование

Введение. В процессе производства сельскохозяйственной продукции наряду со специальными машинами (комбайнами, тракторами) широко используются дорожно-транспортные средства - автомобили. Условия работы автомобилей в технологическом режиме отличаются от транспортного режима. На полях отсутствует твердое покрытие, что приводит к снижению максимальной скорости движения до 40 км/ч. Работа автомобиля на коротком плече (от поля до склада или элеватора), а также увеличение доли времени, которое затрачивается на маневрирование для осуществления погрузочно-разгрузочных работ, приводит к снижению средней технической скорости движения до 20 км/ч. Совместная работа автомобилей со специализированной техникой также накладывает ограничения на выбор скоростного режима. Например, в процессе совместной работы комбайна Дон-1500 с грузовым бортовым автомобилем или самосвалом рабочая скорость составляет – до 10 км/ч. К сожалению, сложные условия эксплуатации автомобилей с пониженными скоростями плохо учитываются в действующей на Украине законодательной базе.

Анализ литературных источников. Периодичность технических воздействий на Украине регламентируется приказом [1]. К сожалению, этот нормативный документ практически не предусматривает изменение периодичности и трудоемкости технических обслуживаний (ТО) в зависимости от условий эксплуатации. Максимально в сложных условиях эксплуатации пробег автомобиля между обслуживаниями может быть сокращен до 20 %, в то время как корректировка ресурса или трудоемкости ТО и капитального ремонта (КР) не предусмотрено.

Другие методики более полно учитываются условия эксплуатации машин. Так, в положении [2] в сложных условиях предусмотрено снижение пробега между ТО на 108 % от нормативного значения, а ресурса – более чем в 3 раз, в этих же условиях трудоемкость ТО возрастает до 62.5 %, а трудоемкость текущего ремонта (ТР) – в 8,7 раза. Методика [3] реализует систему нормирования технических воздействий по фактическому состоянию, в которой норму пробега предложено определять как в километрах, так и в литрах израсходованного топлива. В сложных условиях эксплуатации пробег автомобиля между ТО предложено снижать до 70 %, а при нормировании периодичности ТО по топливу – корректировка не нужна.

В особо сложных условиях эксплуатации машин [4], при движении со средней скоростью движения около 14 км/ч, предложено вводить корректирующий коэффициент равный 0.3, что соответствует снижению периодичности между обслуживаниями на 233%.

Анализ показал, что существует неоднозначный подход к корректированию периодичности ТО и ресурса транспортных машин, особенно в сложных условиях эксплуатации.

Цели и задачи исследования. Целью исследования является совершенствование методики нормирования периодичности технических воздействий в сложных условиях эксплуатации транспортных машин. Для выполнения этой задачи необходимо разработать новые или скорректировать существующие нормативы, которые максимально учитывали реальные условия эксплуатации машин.

Постановка проблемы. В нормативных документах периодичность ТО и ресурс транспортных машин указывается на единицу пробега, т.е. в километрах. В условиях эксплуатации, когда необходимо двигаться с пониженными скоростями, время работы автомобиля на единицу пути возрастает. Это и приводит к необходимости в значительной корректировке периодичности ТО и пробега до КР. Если перейти от нормирования по наработке к нормированию проведения ТО по времени работы автомобиля (по мото-часам), как это применяется для специализированных машин и двигателей, то необходимость в значительной коррекции отпадает. Однако в настоящее время для транспортных машин отсутствует значения нормо-часа между профилактическими обслуживаниями.

Составление математической модели. Переход от пройденного расстояния ко времени работы можно осуществить через скорость движения автомобиля, т.е.

$$T = L/V, \quad (1)$$

где L - расстояние, км; V - средняя техническая скорость движения, км/ч. Однако такой переход не учитывает конструктивные и эксплуатационные особенности транспортного средства.

В работе [5] доказано, что между ресурсом силового агрегата автомобиля и нормой эксплуатационного расхода топлива установлена пропорциональная зависимость, т.е.

$$L_{\text{КР}} \cdot H = \text{const}, \quad (2)$$

где $L_{\text{КР}}$ - пробег автомобиля до КР, км; H - норма расхода топлива, л/100 км.

Суммарный расход топлива за время нахождения машины в эксплуатации, т.е. до достижения предельного состояния, можно рассчитать по формуле:

$$Q_{\Sigma} = \frac{L_{\text{КР}} \cdot H}{100}. \quad (3)$$

Тогда const в формуле (2) равна: $L_{\text{КР}} \cdot H = 100 \cdot Q_{\Sigma}$.

По аналогии с формулой (2) примем следующее допущение: что между временем работы автомобиля и часовым расходом топлива также установлена пропорциональная связь:

$$T_{\text{КР}} \cdot G = \text{const}, \quad (4)$$

где $T_{\text{КР}}$ - время работы автомобиля до КР, ч; G - часовой расхода топлива, л/ч.

Тогда за весь период эксплуатации автомобиль израсходует следующее суммарное количество топлива, л:

$$Q_{\Sigma} = T_{\text{КР}} \cdot G. \quad (5)$$

Перейти от ресурса в километрах к моточасам можно произвести исходя из уравнений (3) и (5):

$$T_{KP} = \frac{Q_{\Sigma}}{G} = \frac{L_{KP} \cdot H}{100 \cdot G}. \quad (6)$$

В [3] приведены значения ресурса и суммарного расхода топлива для различных классов и групп автомобилей. Нормативное значение расхода топлива H можно определить из нормативной базы [6].

В работах [7] и [8] получена аналитическая зависимость часового расхода топлива следующего вида:

$$G = K_1 + K_2 \cdot V_a^3, \quad (7)$$

Тогда

$$T_{KP} = \frac{Q_{\Sigma}}{G} = \frac{L_{KP} \cdot H}{100 \cdot (K_1 + K_2 \cdot V_a^3)}. \quad (8)$$

Значение коэффициентов K_1 и K_2 по методике [7] соответственно равно:

$$K_1 = \frac{0.004 \cdot g \cdot V_{\max} \cdot M_a}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a}; \quad K_2 = \frac{0,077 \cdot kF}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a}, \quad (9)$$

где g - ускорение свободного падения, м/с²; V_{\max} - максимальная скорость, км/ч; M_a - масса автомобиля, кг; kF - фактор обтекаемости, Н·с²·м⁻²; H_n - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; ρ_m - плотность топлива, г/см³; η_a - КПД автомобиля;

Завод изготовитель закладывает определенное количество технических обслуживаний за цикл, если изменяется общий ресурс автомобиля, то пропорционально меняется и периодичность ТО. Тогда будет справедливо

$$T_{TO-1} = \frac{L_{TO-1} \cdot H}{100 \cdot (K_1 + K_2 \cdot V_a^3)}; \quad T_{TO-2} = \frac{L_{TO-2} \cdot H}{100 \cdot (K_1 + K_2 \cdot V_a^3)}. \quad (10)$$

где L_{TO-1}^n , L_{TO-2}^n - нормативная периодичность ТО-1, ТО-2 установленная заводом изготовителем, км.

Анализ исследований на примере. Определим нормативные значения периодичности ТО и ресурс до КР во времени (моточасах) на примере конкретного автомобиля.

Нормативные значения периодичности завод изготовитель для автомобиля КамАЗ-5320 рекомендует следующие значения: ТО-1 проводить через 4000 км, ТО-2 – через 12000 км, пробег до КР автомобиля – 300 тыс. км [3]. Для этого автомобиля установлена следующая базовая норма расхода топлива 25 л/100 км [6]. Кроме того на каждую тонну перевезенного груза дополнительно нормируется 1.3 л/100 км [6]. Следовательно, при полной загрузке автомобиля (8 т), расход топлива составит: 25+1.3·8=35.4 л/100 км.

Рассчитаем T_{TO-1} , T_{TO-2} и T_{KP} для автомобиля КамАЗ-5320. Для этого транспортного средства можно принять следующие исходные данные: $M_a=7080$ кг (порожний); $M_a=15305$ кг (груженный); $kF=7,2$ Н·с²/м²; $H_n=43000$ кДж/кг; $\rho_m=0,84$ г/см³; $V_{\max} = 80$ км/ч; $\eta_a = 0,095$.

Значения коэффициентов K_1 и K_2 по формуле (9) равны:

$$K_2 = 0.077 \cdot 7.2 / (43000 \cdot 0.84 \cdot 0.095) = 1.6 \cdot 10^{-4};$$

- для снаряженной массы:

$$K_1 = 0.004 \cdot 9.81 \cdot 80 \cdot 7080 / (43000 \cdot 0.84 \cdot 0.095) = 6.5;$$

- для полной массы:

$$K_1 = 0.04 \cdot 9.81 \cdot 80 \cdot 15305 / (43000 \cdot 0.84 \cdot 0.095) = 14.0;$$

Тогда для автомобиля КамАЗ-5320 формула часового расхода топлива (7) можно записать следующим образом:

- для порожнего автомобиля:

$$G = 6.5 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3. \quad (11)$$

- для груженого автомобиля:

$$G = 14.0 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3. \quad (12)$$

С учетом нормативных данных по автомобилю КамАЗ-5320 получим следующие зависимости расчета периодичностей ТО и КР

- для порожнего автомобиля:

$$T_{KR} = \frac{300000 \cdot 25}{100 \cdot (6.5 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3)} = \frac{75000}{6.5 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3}; \quad (13)$$

$$T_{TO-1} = \frac{4000 \cdot 25}{100 \cdot (6.5 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3)} = \frac{1000}{6.5 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3}; \quad (14)$$

$$T_{TO-2} = \frac{12000 \cdot 25}{100 \cdot (6.5 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3)} = \frac{3000}{6.5 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3}, \quad (15)$$

- и для груженого автомобиля

$$T_{KR} = \frac{300000 \cdot 35.4}{100 \cdot (14.0 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3)} = \frac{106200}{14.0 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3}; \quad (16)$$

$$T_{TO-1} = \frac{4000 \cdot 35.4}{100 \cdot (14.0 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3)} = \frac{1416}{14.0 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3}; \quad (17)$$

$$T_{TO-2} = \frac{12000 \cdot 35.4}{100 \cdot (14.0 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3)} = \frac{4248}{14.0 + 1.6 \cdot 10^{-4} \cdot V_a^3}. \quad (18)$$

Из формулы (1) можно получить упрощенные зависимости расчета T_{TO-1} , T_{TO-2} и T_{KR} , если подставить нормативных данных по автомобилю КамАЗ-5320:

$$T_{TO-1} = \frac{4000}{V_a}; \quad T_{TO-2} = \frac{12000}{V_a}; \quad T_{KR} = \frac{300000}{V_a}. \quad (19)$$

Формула (19), в отличие от зависимостей (13-18), не учитывает конструктивные

особенности автомобиля, степень загрузки транспортного средства и условия эксплуатации. Формула (19) вообще теряют смысл при скорости автомобиля $V_a = 0$ км/ч.

В таблице 1 приведены расчетные данные периодичности ТО и ресурса автомобиля КамАЗ-5320, полученные по формулам (13-19), при различных скоростях и степени загрузки.

Таблица 1.

Значения периодичности технического обслуживания и ресурса автомобиля КамАЗ-5320 в часах работы (моточас)

V_a , км/ч	Автомобиль КамАЗ-5320						Формулы (19)		
	порожний (формулы 13-15)			груженный (формулы 16-18)					
	$T_{ТО1}$	$T_{ТО-2}$	$T_{КР}$	$T_{ТО1}$	$T_{ТО-2}$	$T_{КР}$	$T_{ТО1}$	$T_{ТО-2}$	$T_{КР}$
0	153	459	11538	101	303	7324	-	-	-
10	150	450	11261	100	300	7244	400	1200	30000
20	129	387	9640	93	279	6730	200	600	15000
30	92	276	6932	77	231	5643	133	400	10000
40	60	180	4480	58	174	4293	100	300	7500
50	38	114	2830	41	123	3078	80	240	6000

Анализ расчетных данных показал, что с увеличением скорости движения транспортного средства периодичность ТО в часах работы снижается. При скоростях менее 20 км/ч периодичность ТО и ресурс автомобиля во временных параметрах изменяются незначительно, в то время как, периодичность ТО по пробегу требует значительной корректировки. Автомобиль без груза требует менее частого вмешательства по сравнению с тем, когда этот автомобиль эксплуатируется груженным. Однако этот очевидный факт не нашел своего отражения в действующей на Украине планово-предупредительной системе технического обслуживания.

Выводы. Приведенная методика позволяет аналитическим способом определить периодичность проведения профилактических работ по техническому обслуживанию автомобиля в часах работы. Временное нормирование технических воздействий рекомендуется проводить при эксплуатации автомобиля в сложных условиях, когда средняя скорость автомобиля менее 20...30 км/ч. Полученные результаты могут быть использованы в процессе управления поддержанием работоспособности транспортных машин.

Литература

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. Кривошапов С.И. Методика корректирования периодичности технического обслуживания транспортных машин / С.И. Кривошапов // Вістник ХНТУСГ ім. П. Василенко. – Вип. 163. – 2015. – С. 105-110. – (Проблеми надійності машин та засобів механізації

сільськогосподарського виробництва).

5. Говорущенко Н.Я. Системотехніка автомобільного транспорту (расчетные методы исследований) : монографія / Н.Я. Говорущенко. - Харьков: ХНАДУ, 2011. - 297 с.
6. Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте [электронный ресурс] // Налоги и бухгалтерский учет : Информационно-аналитическая газета. — Режим доступа : http://www.nibu.factor.ua/info/Zak_basa/NormiGSM/.
7. Кривошапов С.И. Методика расчета часового расход топлива для транспортных и специализированных машин / С.И. Кривошапов. // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2016. – С. 190-193.
8. Кривошапов С.И. Методика расчета часового расход топлива для транспортных машин / С.И. Кривошапов // Вістник ХНТУСГ ім. П. Василенко. – Вип. 169. – 2016. – С. 219-222. – («Деревооброблювальні технології та системотехніка лісового комплексу», «Транспортні технології»).

Summary

Krivoshapov S.I. Rationing periodicity of maintenance and servicing of transport machines under severe operating conditions

The shortcomings in the legal framework for standardization of maintenance intervals transport vehicles. It is pointed out that in difficult road conditions or in circumstances where it is necessary for technological reasons to move to small speed, frequency of valuation of technical influences on the operating time (in km) little effective. It is suggested in the operation of transport and technological machines at speeds below 20 km / h to move to rationing maintenance intervals on the operating status of the time. The paper proposed a method for analytical calculation of the time between maintenance. The method is based on the principle of energy was equivalent. This principle lies in the fact that between the parameters of the machine and energy consumption there is a proportional relationship. Output frequency dependency maintenance and machine resource was produced by the total fuel consumption and fuel consumption rate on the route. Fuel consumption automatically takes into account the operating conditions of the machine. The worse the conditions, the greater the fuel consumption, the faster it is necessary to carry out maintenance of the vehicle. numerical reference values for the frequency license services KamAZ-5320 were prepared. Designed resource of this car in the hours when you change the speed and the degree of loading of the car. Analysis of calculation has shown that it is necessary to gradually decrease with increasing vehicle speed the time between services. In this case, the frequency of service on run will decrease. Loaded car requires more frequent maintenance, in comparison with the vehicle unladen. The developed mathematical model takes into account more effectively challenging operating conditions of machines. This is especially true for agricultural works or works in forest.

Keywords: machine, maintenance services, resource, operational properties, mathematical modeling

References

1. Polozhennja pro tehnicne obslugovuvannja i remont dorozhnih transportnih zasobiv avtomobil'nogo transportu. – K.: Ministerstvo transportu Ukraïni, 1998. – 17 s.
2. Polozhenie o tehnichekom obsluzhivanii i remonte podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta. – M.: Ministerstvo avtomobil'nogo transporta RSFSR, 1984. – 73 s.

3. Polozhenie o profilakticheskom obsluzhivanii i remonte transportnyh mashin (Metodicheskie rekomendacii). – Har'kov: RIO HGADTU, 1998. – 39 s.
4. Krivoschapov S.I. Metodika korrektirovanija periodichnosti tehničeskogo obsluzhivanija transportnyh mashin / S.I. Krivoschapov // Vistnik HNTUSG im. P. Vasilenko. – Vip. 163. – 2015. – S. 105-110. – (Problemi nadijnosti mashin ta zasobiv mehanizacii sil's'kogospodars'kogo virobництва).
5. Govorushhenko N.Ja. Sistemotehnika avtomobil'nogo transporta (raschetnye metody issledovanij) : monografija / N.Ja. Govorushhenko. - Har'kov: HNADU, 2011. - 297 s.
6. Normy rashoda topliva i smazochnyh materialov na avtomobil'nom transporte [jelektronnyj resurs] // Nalogi i buhgalterskij uchet : Informacionno-analiticheskaja gazeta. — Rezhim dostupa : http://www.nibu.factor.ua/info/Zak_basa/NormiGSM/.
7. Krivoschapov S.I. Metodika rascheta chasovogo rashod topliva dlja transportnyh i specializirovannyh mashin / S.I. Krivoschapov. // Transportnye i transportno-tehnologicheskie sistemy: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehničeskoj konferencii. – Tjumen': TjumGNGU, 2016. – S. 190-193.
8. Krivoschapov S.I. Metodika rascheta chasovogo rashod topliva dlja transportnyh mashin / S.I. Krivoschapov // Vistnik HNTUSG im. P. Vasilenko. – Vip. 169. – 2016. – S. 219-222. – («Derevoobrobľjuval'ni tehnologii ta sistemotehnika lisovogo kompleksu», «Transportni tehnologii»).