УДК 656:13

© И. О. Черняев, канд. техн. наук, доцент
© С. А. Воробьев, канд. техн. наук, доцент
© С. А. Евтюков, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: chernyaev@rambler.ru, svorobev@list.ru,
s.a.evt@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-202-207

© I. O. Chernyaev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© S. A. Vorob'ev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© S. A. Evtyukov, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia)
E-mail: chernyaev@rambler.ru, svorobev@list.ru,
s.a.evt@mail.ru

СПОСОБ ОПЕРАТИВНОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КОРРЕКТИРОВКИ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

METHOD FOR CONTINUOUS INDIVIDUAL CORRECTION OF VEHICLES' MAINTENANCE INTERVAL

Рассмотрены существующие способы корректировки периодичности технического обслуживания транспортных средств. На основе анализа современных особенностей эксплуатации автомобильного транспорта показаны их недостатки. Приведено описание разработанного способа оперативной корректировки технического обслуживания, позволяющего выполнять расчет рациональной периодичности индивидуально для транспортного средства на основе информации об условиях, в которых осуществляется его эксплуатация. Описано использование информации о географических координатах транспортного средства, полученных с помощью глобальных навигационных систем, для реализации разработанного способа. Приведены расчетные формулы и алгоритм. Даны рекомендации по совершенствованию разработанного способа и направлениям дальнейших исследований.

Ключевые слова: периодичность технического обслуживания, корректирование нормативов технической эксплуатации, мониторинг эксплуатации, ГЛОНАСС, GPS.

The article considers the existing methods of correcting the vehicles' maintenance interval. Based on the analysis of modern features of road transport operation, some disadvantages are shown. The authors provide a developed method of continuous individual correction, which allows calculating the rational maintenance interval individually for the vehicle based on information about the conditions under which its operation is carried out. The use of information about the geographical coordinates of the vehicle obtained using global navigation systems for the implementation of the developed method is considered. Calculation formulas and algorithm are provided. Recommendations for improving the developed method and the direction of further research are offered.

Keywords: vehicle maintenance interval, correction of maintenance standards, operation monitoring, GLONASS, GPS.

Техническая эксплуатация автотранспортных средств основана на выполнении двух комплексов технических воздействий, обеспечивающих заданный уровень технической готовности объектов эксплуатации: технического обслуживания (ТО), целью которого является снижение интенсивности изменения технического состояния и предупреждение возникновения отказов, ведущих к потере работоспособности, и ремон-

та (Р), цель которого — восстановление работоспособности после отказов¹[1].

Для организации и планирования работ по ТО и Р применяются нормативы технической эксплуатации, основные из которых — периодичность технического обслуживания $L_{ТО}$, тру-

¹ Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. Утв. Министерством автомобильного транспорта РСФСР 20.09.1984.

доемкость технического обслуживания $t_{\text{ТО}}$ и трудоемкость текущего ремонта $t_{\text{ТР}}$

Нормативы определяются для так называемых эталонных условий эксплуатации и подлежат ресурсной и оперативной корректировке¹. Ресурсный метод предполагает корректирование нормативов с учетом изменения уровня надежности транспортных средств (ТС), работающих в различных условиях эксплуатации, оперативный — изменение состава операций по ТО с учетом особенностей конструкции ТС и условий работы.

Современная реализация указанных способов предполагает обоснование нормативов технической эксплуатации для технологически совместимых групп ТС и постоянство их значений, причем постоянство сохраняется достаточно продолжительный период времени. Так, одним из условий изменения значений нормативов является переход ТС в очередную возрастную группу по наработке. Границы же возрастных групп определяются четвертями ресурсного пробега¹, что, например, для современных грузовых ТС составляет около 60 тыс. км. Для достижения данного пробега необходимо значительное время эксплуатации. Другим условием изменения значений нормативов является накопление лицом, осуществляющим эксплуатацию, значительного массива статистических данных, позволяющих применить для обоснования корректировки технико-экономический метод [1]. Накопление массива статистических данных также предполагает значительный временной промежуток.

Таким образом, современная реализация указанных способов корректирования нормативов, основанная на усреднении, имеющая следствием продолжительное время постоянства их значений и эффективная для эксплуатации крупных автопарков, теряет свою эффективность в условиях преимущественно индивидуальной эксплуатации ТС (90,27 % ТС на 2019 год находятся в собственности физических лиц²). Следует отметить, что если в силу различных обстоятельств нормативные документы, регламентирующие систему ТОиР автотранспортных средств в Российской Федерации, не обновлялись более 30 лет, то в других государствах — участниках

ЕАЭС — подход 30-летней давности продолжает сохраняться³.

Современный уровень конструкции автотранспортных средств, уровень информационных технологий и инструментов анализа данных позволяют говорить о существовании возможностей для отхода от систем эксплуатации техники, основанных на усреднении и статистических обобщениях, в пользу систем, в которых принятие решений о технических воздействиях осуществляется на основе учета индивидуальных данных об эксплуатации каждого объекта [2].

Первым и очевидным шагом при формировании «индивидуальных» систем ТОиР является их адаптация для обеспечения возможности оперативной индивидуальной корректировки нормативов. С учетом того, что трудоемкость текущего ремонта определяется в расчете на 1000 км пробега, трудоемкость ТО зависит от модификации ТС и размера парка. Из перечисленных выше нормативов в первую очередь целесообразной является оперативная индивидуальная корректировка периодичности технического обслуживания.

Классический способ ресурсной корректировки периодичности технического обслуживания $L_{\text{ТО}}$ предполагает использование формулы

$$L_{\text{ТО}} = L_{\text{ТО}}^{\text{баз}} \cdot K_1 \cdot K_3, \quad (1)$$

где $L_{\text{ТО}}^{\text{баз}}$ — базовая нормативная периодичность ТО, км;

K_1 — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации;

K_3 — коэффициент, учитывающий природно-климатические условия.

Значения коэффициента K_1 определяются с учетом трех условий: условий движения, типа дорожного покрытия и рельефа местности. Условиями для определения значений коэффициента K_2 являются природно-климатические условия, в которых осуществляется эксплуатация, а также агрессивность окружающей среды¹.

Анализ маршрутов пригородных и междугородных автобусных перевозок, междугородных грузовых перевозок показывает, что практически все перечисленные условия могут изменять-

² Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 22.02.2020).

³ Приказ Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь № 368-Ц от 18.07.2011 «Об утверждении Инструкции о порядке проведения технического обслуживания и ремонта транспортных средств».

ся в течение одной ездки. В качестве характерного примера можно привести доставку строительных материалов из карьеров Ленинградской области на строительные площадки Санкт-Петербурга — при постоянстве климатических условий маршрут может включать дороги с естественным грунтом, с улучшенным грунтовым покрытием и с асфальтовым покрытием, а условия движения могут соответствовать условиям за пределами пригородной зоны (более 50 км от границы города), условиям движения в малых городах (до 100 тыс. жителей) и в больших (более 100 тыс. жителей). Для реализации классического способа ресурсной корректировки по формуле (1) необходимо определение значения корректирующего коэффициента для преимущественных условий движения. Таким образом, другие условия движения оказываются неучтенными и точность корректировки снижается. Также классический способ не позволяет оперативно учесть изменение условий движения при изменении параметров транспортной работы и маршрутов, что происходит в современных условиях работы автопредприятий достаточно часто.

Для устранения указанных недостатков разработан способ оперативной индивидуальной корректировки периодичности технического обслуживания. От существующих разработок ряда авторов, направленных на решение аналогичной задачи [3–5], он отличается тем, что в его основу положено использование информации о геопозиционировании транспортных средств, полученной с помощью глобальных навигационных систем (ГЛОНАСС/GPS).

Перечисленные ранее условия, необходимые для определения значений корректирующих коэффициентов, соответствуют территориям, которые могут быть определены как массивы географических координат. Глобальные навигационные системы позволяют получить информацию о географических координатах транспортного средства (φ, λ) (где φ — широта, λ — долгота) и высоте над уровнем моря h . На основе принадлежности координат (φ, λ) транспортного средства тому или иному из заранее определенных массивов координат, соответствующих территориям с одинаковыми условиями эксплуатации, может быть определено значение корректирующих коэффициентов в каждый момент

времени. Расчет средневзвешенного по времени значения корректирующих коэффициентов позволит выполнить оперативную индивидуальную корректировку периодичности ТО.

Для удобства математической формализации разработанного способа формулу (1) можно записать в виде

$$L_{\text{ТО}_{\text{текущ}}} = L_{\text{ТО}}^{\text{баз}} \cdot \overline{\text{КУЭ}_{\text{текущ}}} \cdot \overline{\text{ККУ}_{\text{текущ}}} \cdot \overline{\text{КАОС}_{\text{текущ}}}, \quad (2)$$

где $L_{\text{ТО}_{\text{текущ}}}$ — текущее скорректированное значение периодичности ТО, км;

$\overline{\text{КУЭ}_{\text{текущ}}}$ — средневзвешенное по времени текущее значение корректирующего коэффициента, учитывающего условия эксплуатации;

$\overline{\text{ККУ}_{\text{текущ}}}$ — средневзвешенное по времени текущее значение корректирующего коэффициента, учитывающего климатические условия;

$\overline{\text{КАОС}_{\text{текущ}}}$ — средневзвешенное по времени текущее значение корректирующего коэффициента, учитывающего агрессивность окружающей среды.

Значение коэффициента КУЭ в каждый момент времени определяется в зависимости от значений вектора (ДВ; Д; Р), где ДВ — переменная, характеризующая условия движения, в которых осуществляется эксплуатация, $\text{ДВ} \in \{1; 2; 3\}$; Д — переменная, характеризующая дорожное покрытие дороги, по которой осуществляется эксплуатация, $\text{Д} \in \{1; 2; 3; 4; 5; 6\}$; Р — переменная, характеризующая рельеф местности, в которой осуществляется эксплуатация, $\text{Р} \in \{1; 2; 3; 4; 5\}$.

Текущие значения переменных ДВ, Д и Р определяются в зависимости от текущих значений координат транспортного средства $(\varphi; \lambda)$ и его высоты над уровнем моря h . Например:

$(\varphi; \lambda) \in \text{ДВ1} \Rightarrow \text{ДВ} = 1$, где ДВ1 — массив географических координат, соответствующих территориям за пределами пригородных зон (более 50 км от границы города);

$(\varphi; \lambda) \in \text{Д3} \Rightarrow \text{Д} = 3$, где Д3 — массив географических координат, соответствующий дорогам с покрытиями из щебня (гравия) без обработки, дегтебетона;

$$200 < h \leq 300 \Rightarrow \text{Р} = 2.$$

В рассматриваемом примере значение вектора (ДВ; Д; Р) = (1; 3; 2) соответствует значению корректирующего коэффициента КУЭ = 0,9.

По аналогии с переменными ДВ, Д и Р, значения корректирующих коэффициентов ККУ и КАОС в каждый момент времени определяются в зависимости от принадлежности текущих значений координат транспортного средства (φ ; λ) массивам географических координат с одинаковыми климатическими условиями и агрессивностью окружающей среды.

Для формирования указанных массивов географических координат, а также определения соответствия значений вектора (ДВ; Д; Р) значениям корректирующего коэффициента КУЭ в первом приближении предлагается использовать положения действующих нормативных документов^{1,4}.

При реализации разработанного способа оперативной индивидуальной корректировки периодичности ТО текущие значения географических координат транспортного средства (φ ; λ) и высоты h его положения над уровнем моря определяют через равные малые промежутки времени Δt . По определенным координатам и высоте в момент времени $t_{\text{текущ}}$ определяются текущие значения КУЭ, ККУ и КАОС. Для каждого из возможных i -х значений КУЭ, ККУ и КАОС определяют накопленное к текущему моменту время t_p , в течение которого они сохраняли эти значения с момента начала эксплуатации t_0 . Средневзвешенные по времени текущие значения КУЭ, ККУ и КАОС рассчитывают по формулам

$$\begin{aligned}\overline{\text{КУЭ}}_{\text{текущ}} &= \frac{\sum_{i=1}^5 \text{КУЭ}_i t_i^{\text{КУЭ}}}{t_{\text{текущ}} - t_0}; \\ \overline{\text{ККУ}}_{\text{текущ}} &= \frac{\sum_{i=1}^3 \text{ККУ}_i t_i^{\text{ККУ}}}{t_{\text{текущ}} - t_0}; \\ \overline{\text{КАОС}}_{\text{текущ}} &= \frac{\sum_{i=1}^2 \text{КАОС}_i t_i^{\text{КАОС}}}{t_{\text{текущ}} - t_0}.\end{aligned}\quad (3)$$

Далее по формуле (2) определяют текущее скорректированное значение периодичности ТО $L_{\text{ТО}_{\text{текущ}}}$. Это значение может быть использовано для принятия решения о постановке ТС в ТО, или для информирования лица, осуществляющего эксплуатацию ТС, о необходимости выполнить ТО через определенное количество дней. Если комфортное время информирования о не-

обходимости скорой постановки $t_{\text{упрежд}}$ заранее определено, и известен текущий пробег ТС $L_{\text{текущ}}$ с момента выполнения предыдущего ТО, а также среднесуточный пробег ТС $l_{\text{сс}}$, то условие необходимости информирования будет иметь вид

$$\frac{L_{\text{ТО}_{\text{текущ}}} - L_{\text{текущ}}}{l_{\text{сс}}} \leq t_{\text{упрежд}}.$$

Для наглядного представления последовательности действий при реализации разработанного способа оперативной индивидуальной корректировки периодичности ТО можно предложить алгоритм, представленный на рисунке.

Учитывая то, что в основу разработанного способа положено использование информации о текущих географических координатах ТС, в первую очередь он предназначен для ТС, эксплуатация которых характеризуется большой длиной ездки. Как указано ранее, это пригородные и междугородные перевозки. Также предложенные для его реализации расчетные формулы и правила определения значений переменных предполагают использование положений, действующих нормативных документов^{1,4}, разработанных значительное время назад и содержание которых требует корректировки.

Это позволяет сформулировать следующие направления дальнейших исследований:

- обоснование значений корректирующих коэффициентов для периодичности технического обслуживания, соответствующих современным условиям эксплуатации и уровню надежности автотранспортных средств;
- разработка механизмов, позволяющих получать сведения об изменении условий эксплуатации на меньших пробегах и в меньшем масштабе времени (например, непосредственно о состоянии дорожного покрытия, по которому осуществляется движение, об интенсивности транспортного потока, в котором осуществляется движение, о текущих погодных параметрах);
- совершенствование моделей, позволяющих определять рациональную периодичность технического обслуживания в зависимости от условий эксплуатации.

Решение указанных задач позволит повысить точность разработанного способа и расширить область его применения для транспортных средств, эксплуатация которых характеризуется малыми длинами ездки.

⁴ ГОСТ 16350–80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.

Алгоритм реализации способа оперативной индивидуальной корректировки периодичности технического обслуживания

Библиографический список

1. Техническая эксплуатация автомобилей / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 2004.

2. Viktor Dobromirov, Vitaliy Verhorubov, Igor Chernyaev. Systematizing the factors that determine ways of developing the vehicle maintenance system and providing vehicle safety. *Transportation Research Procedia*. Vol. 36, 2018, pp. 114–121.

3. Бердников И. Е. Разработка диагностико-информационной подсистемы технического сервиса для обеспечения эксплуатационной надежности транспортно-технологических машин: дис. ... канд. техн. наук. Чита, 2017. 217 с.

4. Воробьев С. А. Методика оценки влияния условий эксплуатации на техническую готовность автотранспортных средств: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2013. 124 с.

5. Кустиков А. Д. Обоснование корректирования периодичности обслуживания коробок передач автобусов для условий дорог с переменным продольным профилем: дис. ... канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2015. 177 с.

References

1. Kuznetsov E. S., et al. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley* [Technical operation of vehicles]. 4-th. ed., revised. Moscow, Nauka Publ., 2004.

2. Dobromirov V., Verhorubov V., Chernyaev I. Systematizing the factors that determine ways of developing the vehicle maintenance system and providing vehicle safety. *Transportation Research Procedia*, 2018, vol. 36, pp. 114–121.

3. Berdnikov I. E. *Razrabotka diagnostiko-informacionnoj podsystemy tekhnicheskogo servisa dlya obespecheniya ekspluatatsionnoj nadezhnosti transportno-tekhnologicheskikh mashin*. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of diagnostic and information subsystem of technical service to ensure operational reliability of transport and technological machines. PhD in Sci. Tech. diss.]. Chita, 2017, 217 p.

4. Vorobev S. A. *Metodika ocenki vliyaniya uslovij ekspluatatsii na tekhnicheskuyu gotovnost' avtotransportnykh sredstv*. Diss. kand. tekhn. nauk [Methodology for assessing the impact of operating conditions on the technical readiness of vehicles. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2013, 124 p.

5. Kustikov A. D. *Obosnovanie korrektyrovaniya periodichnosti obsluzhivaniy korobok peredach avtobusov dlya uslovij dorog s peremennym prodol'nym profilem*. Diss. kand. tekhn. nauk [Justification for correcting the frequency of maintenance of bus transmissions for road conditions with variable longitudinal profile. PhD in Sci. Tech. diss.]. Nizhnij Novgorod, 2015, 177 p.