DOI 10.18454/PMI.2016.3.449

УДК 656.13:338.47; 658

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЯ

А.В.Терентьев[1], А.А.Капустин[2]
[1] *Санкт-Петербургский горный университет, Россия*
[2] *Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия*

Интенсивность свойств автомобиля определяется проектируемыми параметрами при производстве, а также в немалой степени состоянием среды эксплуатации автомобилей или состоянием внешней среды. Состояние внешней среды эксплуатации автомобилей влияет на интенсивность изменения показателей качества посредством многочисленных факторов, определяемых методами технического обслуживания и ремонта, качеством ТО и ремонта, применяемых эксплуатационных материалов и т.д. В конструкцию современного автомобиля все чаще включаются узлы и агрегаты, которые непосредственно не влияют на надежность, а отвечают за экологическую или дорожную безопасность.

Выход из строя узлов и агрегатов не приводит к снижению работоспособного состояния автомобиля, но требует дополнительных затрат на их восстановление, поэтому современные требования к отдельным группам показателей должны учитывать не только различную интенсивность их изменения, но и возможность вывода из эксплуатации еще работоспособного автомобиля.

***Ключевые слова*:** качество, автомобиль, эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт, система управления, жизненный цикл.

***Как цитировать эту статью*:** Терентьев А.В. Оценка качества автомобиля / А.В.Терентьев, А.А.Капустин // Записки Горного института. 2016. Т.219. С.449-454. DOI 10.18454/PMI.2016.3.449

Введение. Исходные значения показателей качества автомобилей закладываются при производстве автомобилей с учетом требований и условий эксплуатации. Интенсивность их изменения определяется проектируемыми параметрами при производстве, а также в немалой степени состоянием среды эксплуатации автомобилей или состоянием внешней среды (СВС). СВС эксплуатации автомобилей влияет на интенсивность изменения показателей качества посредством многочисленных факторов, определяемых: методами технического обслуживания (ТО) и ремонта, качеством ТО и ремонта, применяемых эксплуатационных материалов, стилем вождения автомобилей и т.д.

Общая оценка изменения параметров автомобиля неоднократно рассматривалась в научных исследованиях [3, 5, 6]. В основе модели логистической или *s*-образной кривой изменения конкретных параметров автомобиля [1] лежит изменение состояния в начальный период по экспоненте, а затем замедление темпов по мере приближения к пределу

$$\Pi = \frac{\Pi_{\text{п}}}{1 + \alpha e^{-\beta t}},$$

где П – значение параметра в момент времени t; $\Pi_{\text{п}}$ – предельное значение параметра; α и β – коэффициенты.

Многочисленные теоретические исследования [4, 8, 11 и др.] показали, что отдельные важнейшие свойства автомобиля, например, экономичность, производительность, надежность изменяются во времени эксплуатации по экспоненциальному закону:

$$\Pi(t) = \Pi_0 e^{-\beta t},$$

где Π_0 – значение показателя в начале эксплуатации; β – коэффициент, характеризующий изменение П по времени эксплуатации автомобиля (интенсивность старения автомобиля).

Методика исследования. Действие большинства ресурсных и технологических факторов подчиняется экспоненциальному закону. Достаточно строгое математическое обоснование «затухания эффекта» было получено с использованием «марковских» процессов и их свойств. Характер нестабильности во времени основных свойства автомобиля определяется не только разнородностью групп показателей технико-эксплуатационных свойств автомобиля, но различной интенсивностью их изменения в зависимости от пробега или срока эксплуатации автомобиля. Сегодня, как правило, усредняется темп изменения отдельных групп показателей качества, как для отдельного автомобиля, так и для их совокупности.

По интенсивности изменения комплексные и единичные показатели делятся на три основные группы [4]:

1. Имеющие незначительный темп изменения (от 0,9 до 1,1): затраты на эксплуатационные материалы; коэффициент впуска; удельные простои в ТО и ремонте.

DOI 10.18454/PMI.2016.3.449

2. Имеющие значительный темп изменения (от 1,5 до 5,0): показатели надежности, показатели, характеризующие производительность автомобиля.

3. Имеющие темп, приводящий к изменению показателя в пределах, близких или превосходящих порядок по отношению к начальному значению (от 7 до 20 и более): удельная трудоемкость и расход запасных частей и заменяемых деталей и их общая стоимость.

К первой группе относятся показатели, обеспечивающие параметры эффективности эксплуатации автомобиля: коэффициент технической готовности, коэффициент выпуска, удельный простой в ТО и ремонте.

Ко второй группе относятся показатели, характеризующие надежность узлов и агрегатов автомобиля и, таким образом, обеспечивающие производительность и техническую безопасность эксплуатации автомобиля.

Третья группа характеризует в основном существо качественных изменений, происходящих при старении изделия (стоимость заменяемых деталей, расход запасных частей). Она в большей степени отвечает за экологическую безопасность и дорожную безопасность автомобиля при ужесточении требований состояния внешней среды.

Интенсивность изменения различных свойств автомобиля закладывается изначально в его конструкцию, а среда эксплуатации влияет на параметры интенсивности процесса изменения этих свойств. Для различных свойств автомобиля характерна различная интенсивность изменения [2]. Тем не менее, сегодня, рассматривается и принимается к расчетам средний темп изменения реализуемого показателя качества автомобиля.

Реализуемый показатель качества автомобиля на *i*-м интервале пробега или срока эксплуатации определяется, как [8]

$$\overline{\Pi}_{\text{кі}} = \frac{\Pi_{\text{к1}}(1+\sum_{i=1}^{n} \text{K}_{\text{ср}}^{i-1})}{i},$$

где $\Pi_{\text{к1}}$ – начальное значение показателя качества; $K_{\text{ср}}^{i-1}$ – средний темп изменения показателя качества автомобиля; i – год отсчета или номер интервала пробега.

Приведенный подход позволяет не только сравнивать стабильность различных показателей одного автомобиля, но и одноименные параметры разных моделей и классов автомобилей. Вместе с тем у данного подхода есть существенный недостаток – усредненность при учете трех основных групп показателей автомобиля (по интенсивности изменений), отвечающих за его качество на различных сроках эксплуатации.

В качестве показателя качества автомобиля предложен [4] обобщенный показатель надежности, представляющий собой отношение удельной трудоемкости устранения отказов и неисправностей к ресурсу автомобиля до капитального ремонта (КР):

$$Q = \frac{k_{\Sigma}}{L_k}\frac{\bar{t}}{x} = k_{\Sigma}\frac{b_{\text{тр}}}{L_k},$$

где k_{Σ} – общий коэффициент корректирования [2], учитывающий тип автомобиля и условия эксплуатации; $L_{\text{к}}$ – ресурс до капитального ремонта; $\bar{t}$ – средняя трудоемкость устранения отказа или неисправности; $\bar{x}$ – средняя наработка на отказ или неисправность; $b_{\text{тр}}$ – удельная трудоемкость текущего ремонта.

Сложность применения данного обобщенного показателя качества для оценки качества автомобиля в целях управления сроком рациональной эксплуатации объясняется следующим:

• В настоящее время практически отсутствует возможность производить полнокомплектный капитальный ремонт. Напомним, что пробег до КР принимается в качестве цикла технического обслуживания для отечественных автомобилей как наименьший повторяющийся интервал времени или наработка изделия, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической или эксплуатационной документации все установленные виды периодического технического обслуживания [12]. В регламентах автомобилей зарубежного производства пробег до КР как показатель не предусматривается.

• Необходимо учитывать все элементарные временные периоды нахождения автомобиля в эксплуатации, включая следующие промежутки времени: когда автомобиль в исправном состоянии, но не эксплуатируется; периоды времени, когда автомобиль находится в неплановом и плановом ТО и ремонте и т.д., представленные в виде удельных показателей.

DOI 10.18454/PMI.2016.3.449

При рассмотрении вопросов качества автомобилей, как правило, опираются на комплексные показатели надежности, отражающие достаточно большую совокупность факторов, действующих при производстве и эксплуатации автомобиля [10]:

• Коэффициент технической готовности – вероятность того, что автомобиль окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение автомобиля по назначению не предусматривается.

• Коэффициент технического использования – отношение математического ожидания суммарного времени пребывания автомобиля в работоспособном состоянии за период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания автомобиля в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных ТО и ремонтом за тот же период [12].

Коэффициент готовности, если оценивать надежность автомобиля на определенном интервале эксплуатации, является средней величиной, поэтому при нормировании этого показателя необходимо указывать интервал эксплуатации автомобиля

$$K_г = \frac{\sum_{i=1}^{N} t_i}{\sum_{i=1}^{N} t_i + \sum_{i=1}^{N} \tau_i},$$

где t_i – суммарная наработка i-го отказа в заданном интервале эксплуатации; τ_i – суммарная оперативная продолжительность восстановления работоспособности автомобиля в том же интервале эксплуатации; N – число наблюдаемых автомобилей на заданном интервале эксплуатации.

Как правило, в качестве интервала эксплуатации автомобиля принимается величина пробега до КР, тогда коэффициент готовности определяется по формуле

$$K_г = \frac{T_{кр}}{T_{кр} + \tau_в^{\Sigma}},$$

где $T_{кр}$ – средний ресурс до капитального ремонта; $\tau_в^{\Sigma}$ – средняя суммарная продолжительность восстановления работоспособности автомобиля после отказа за период до капитального ремонта.

Таким образом, более обоснованным для достижения цели исследования можно признать применение в качестве комплексного показателя надежности показатель, базирующийся на коэффициенте технического использования автомобиля. Коэффициент технического использования на определенном интервале эксплуатации определяется как

$$K_{ти} = \frac{T_{кр}}{T_{кр} + \tau_{то}^{\Sigma} + \tau_р^{\Sigma} + \tau_в^{\Sigma}},$$

где $\tau_{то}^{\Sigma}\left(\tau_р^{\Sigma}\right)$ – средняя оперативная продолжительность ТО (ремонта).

Коэффициент технического использования автомобиля можно трактовать как коэффициент технической готовности, развернутый во времени. При этом период оценки $K_{ти}$ может не соответствовать периоду наработки автомобиля до КР. Коэффициент технического использования за календарный период времени с учетом дерева всех возможных состояний автомобиля в процессе его эксплуатации (рис.1) приведен в [8].

В соответствии с данным подходом коэффициент технического использования за календарный период времени определяется по формуле

$$K_{ти} = \frac{t^{ри} + t^{ни}}{t^{р} + t^{н}}.$$

Характер изменения коэффициента технического использования в процессе эксплуатации автомобиля достаточно хорошо описывается выражением:

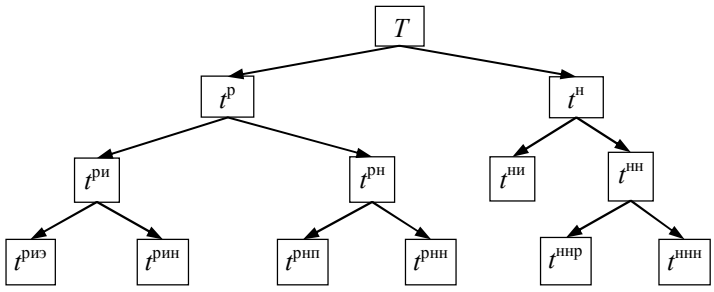


Рис.1. Дерево возможных периодов состояний автомобиля в процессе эксплуатации

T – календарная продолжительность планируемой технической эксплуатации АТС; $t^{р}$ – рабочее время (планируемое время пребывания на линии); $t^{н}$ – нерабочее время (планируемое межсменное время); $t^{ри}$ – исправное состояние автомобиля в рабочее время; $t^{рн}$ – неисправное состояние в рабочее время; $t^{ни}$ – исправное состояние в нерабочее время; $t^{нн}$ – неисправное состояние в нерабочее время; $t^{риэ}$ – рабочее время, когда автомобиль в исправном состоянии и эксплуатируется; $t^{рин}$ – рабочее время, автомобиль в исправном состоянии, но не эксплуатируется; $t^{рнп}$ – рабочее время, автомобиль в плановом ТО и ремонте; $t^{рнн}$ – рабочее время, автомобиль в неплановом ТО и ремонте; $t^{ннр}$ – нерабочее время, автомобиль в плановом ТО и ремонте; $t^{ннн}$ – нерабочее время, автомобиль в неплановом ТО и ремонте

DOI 10.18454/PMI.2016.3.449

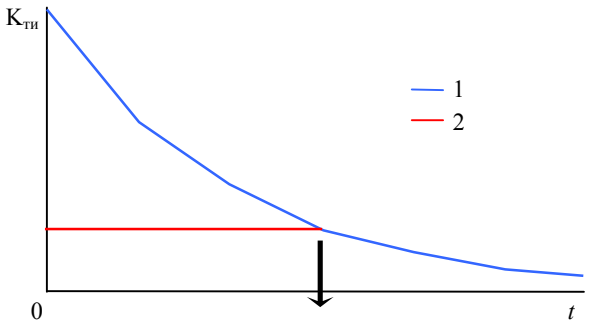


Рис.2. Изменение коэффициента технического использования (1) в процессе эксплуатации автомобиля; 2 – $К_{ти}^{min}$

$$К_{ти}(t) = К_{ти}(0)e^{-\beta t},$$

где $К_{ти}(0)$ – значение коэффициента технического использования в начале эксплуатации.

В этом случае значение реализуемого (среднего) коэффициента технического использования (рис.1) для автомобиля определяется следующим образом:

$$\overline{К_{ти}(t)} = \frac{К_{ти}^{\Sigma}}{t_с},$$

где $К_{ти}^{\Sigma}$ – сумма коэффициентов технического использования автомобиля за весь период эксплуатации; $t_с$ – период эксплуатации.

На рис.2 минимальное значение коэффициента технического использования $К_{ти}^{min}$ соответствует моменту времени его списания $t^с$ [9]. Сумма коэффициентов технического использования автомобиля за весь период эксплуатации

$$К_{ти}^{\Sigma} = \int_0^{t^с} e^{-\beta t} dt = \frac{1 - e^{-\beta t^с}}{\beta} \quad \text{или} \quad К_{ти}^{\Sigma} = \frac{1 - К_{ти}^{min}}{\beta}.$$

Реализуемый коэффициент технического использования автомобиля может определяется как

$$\overline{К_{ти}} = \frac{1 - К_{ти}^{min}}{\beta t^с}.$$

Для парка автомобилей в момент времени i и с учетом возрастной структуры реализуемый показатель качества

$$\overline{П_i} = \sum_{i=1}^{m} \overline{К_{ти}^{i}}\, \alpha_i,$$

где $\overline{К_{ти}}$ – реализуемый коэффициент технического использования автомобилей i-й возрастной группы; m – количество возрастных групп; α_i – доля (или процент) автомобилей данной возрастной группы в парке в момент времени i,

$$\alpha_i = a_i / А,$$

a_i – число автомобилей j-й возрастной группы в момент i; А – размер парка автомобилей.

Следовательно, реализуемый коэффициент технического использования для парка подвижного состава определяется

$$\overline{К_{ти}^{АТП}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \overline{К_{ти}^{i}} \alpha_i}{А}.$$

Выводы

При разработке теоретического аппарата определения рационального срока службы автомобилей целесообразно использовать аналитическую связь между пробегом безопасной и эффективной эксплуатации автомобиля и коэффициентом технического использования, в основе которого находятся развернутые во времени единичные показатели ТО и ремонта.

В конструкцию современного автомобиля включены узлы и агрегаты, отвечающие только за экологическую или дорожную безопасность, выход из строя которых не приводит к снижению работоспособного состояния автомобиля, но приводит к дополнительным затратам на их восстановление. Интенсивность изменений единичных показателей по отдельным критериям в этих случаях превосходит порядок по отношению к начальному значению от 7 до 20 и более раз (затраты на запасные части и др.). Современные требования к отдельным группам показателей должны учитывать не только различную интенсивность их изменения, но и возможность вывода из эксплуатации еще работоспособного автомобиля. Эти обстоятельства снижают достоверность прогнозирования значений по-

DOI *10.18454/PMI.2016.3.449*

казателей качества автомобиля, если они базируются на одном комплексном показателе надежности. В данных условиях целесообразно выделение отдельных групп показателей качества в самостоятельные критерии, а при оценке качества автомобиля закономерно использовать значения пробега автомобиля в качестве измерителя рационального срока службы [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корогодский М.В.* Методологические основы оптимизации надежности автомобиля. Киев: Вища школа, 1976. 139 с.
2. *Коротков М.В.* Оценка влияния пробега на экологическую безопасность автомобиля ВАЗ-21102 / М.В.Коротков, В.В.Коротков, Ю.И.Ямолов // Вестник Оренбургского государственного университета. 2003. № 1. С.70-73.
3. *Крахмалова А.В.* Методика оценки качества автомобилей / А.В.Крахмалова, Ф.А.Фасхиев // Маркетинг в России и за рубежом. 2005. № 4.
4. *Кузнецов Е.С.* Управление технической эксплуатацией автомобилей. М.: Транспорт, 1982. 224 с.
5. *Логинова Н.А.* Методология управления взаимодействиями на рынке транспортных услуг / СПбГИЭУ. СПб, 2011. 260 с.
6. *Мигачев В.А.* Повышение эффективности использования грузовых автомобилей на основе выбора наиболее рационального парка подвижного состава: Автореф. дис…канд. техн. наук / Ульяновский гос. техн. ун-т. 2012. 16 с.
7. Оценка эксплуатационной надежности / Е.С.Кузнецов, П.И.Гринберг, Г.А.Кривошенин и др. // Автомобильный транспорт, 1980. № 2. С.49-51.
8. Прудовский Б.Д. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям / Б.Д.Прудовский, В.Б.Ухарский. М.: Транспорт, 1990. 239 с.
9. *Терентьев А.В.* Метод оперативного анализа технического состояния автомобиля / А.В.Терентьев, Б.Д.Прудовский // Записки Горного института. 2014. Том 209. С.197-199.
10. *Терентьев А.В.* Управление жизненным циклом автомобиля на стадии эксплуатации // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3(50). С.228-231.
11. Техническая эксплуатация автомобилей / В.Г.Крамаренко, Е.С.Кузнецов, Л.В.Мирошников и др. М.: Транспорт, 1983. 488 с.
12. *Хасанов Р.Х.* Основы технической эксплуатации автомобилей. Оренбургский гос. ун-т. 2003. 193 с.
13. *Terentiev A.V.*, *Menukhova T.A.* The Methodology of the Operating Cost Accounting in Identifying Mileage of Efficient Motor Vehicle Operation // International Journal of Economics and Financial Issues. 2015. Vol.5, N.3S. http://www.econjournals.com/index.php/ijefi/article/view/1709/pdf

***Авторы*: А.В.Терентьев**, *канд. техн. наук*, *доцент*, *terentich1@rambler.ru* (*Санкт-Петербургский горный университет*, *Россия*), **А.А.Капустин**, *д-р техн. наук*, *профессор*, *professor-gas@mail.ru* (*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*, *Россия*).
Статья принята к публикации 25.02.2016.

QUALITY ASSESSMENT OF THE CAR

A.V.TERENTIEV[1], A.A.KAPUSTIN[2]
[1] *Saint-Petersburg Mining University*, *Russia*
[2] *Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*, *Russia*

The intensity is determined by the properties of the car projected parameters in the production, as well as to a large extent the state of the environment or the state of operation of cars outside. State of the environment of operation of cars affects the intensity changes of quality indicators through multiple factors determined: the methods of service and repair, quality and repair of used consumables, etc. The design of the modern car more often included components and assemblies that do not directly affect the reliability of, and responsible for the environmental or road safety.

Their failure does not lead to a reduction of the working condition of the car, but leads to additional expenses for their recovery, so the modern requirements for certain groups of indicators should take into account not only the different intensity of change, but also the opportunity of decommissioning more workable vehicle.

***Key words*:** quality, vehicle operation, maintenance, repair, system management life cycle.

***How to cite this article*:** Terentiev A.V., Kapustin A.A. Quality assessment of the car. Zapiski Gornogo instituta. 2016. Vol.219, p.449-454. DOI 10.18454/PMI.2016.3.449

REFERENCES

1. *Korogodskii M.V.* Metodologicheskie osnovy optimizatsii nadezhnosti avtomobilya (*Methodological bases of optimizing the reliability of the car*). Kiev: Vishcha shkola, 1976. 139 p.
2. *Korotkov M.V.*, *Korotkov V.V.*, *Yamolov Y.I.* Otsenka vliyaniya probega na ekologicheskuyu bezopasnost' avtomobilya VAZ-21102 (*Assessing the impact of run on the ecological safety of the car VAZ-21102*). Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2003. N 1, p.70-73.
3. *Krakhmalova A.V.*, *Faskhiyev F.A.* Metodika otsenki kachestva avtomobilei (*Methods of assessing the quality of cars*). Marketing v Rossii i za rubezhom. N 4. 2004.

DOI *10.18454/PMI.2016.3.449*

4. *Kuznetsov E.S.* Upravlenie tekhnicheskoi ekspluatatsiei avtomobilei (*Management of technical maintenance of cars*). Moscow: Transport, 1982. 224 p.

5. *Loginova N.A.* Metodologiya upravleniya vzaimodeistviyami na rynke transportnykh uslug (*Management Methodology interactions on the transport market: monograph*). SPbGIEU. St. Petersburg, 2011. 260 p.

6. *Migachev V.A.* Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya gruzovykh avtomobilei na osnove vybora naibolee ratsio-nal'nogo parka podvizhnogo sostava (*More efficient use of trucks on the basis of selecting the most efficient rolling stock*): Avtoref. dis…kand. tekhn. nauk. Ul'yanovskii gos. tekhn. un-t. 2012. 16 p.

7. *Kuznetsov E.S.*, *Greenberg P.I.*, *Krivoshein G.A. et al.* Otsenka ekspluatatsionnoi nadezhnosti (*Evaluation of operational reliability*). Avtomobil'nyi transport. 1980. N 2, p.49-51.

8. *Prudovskiy B.D.*, *Ukharskiy V.B.* Upravlenie tekhnicheskoi ekspluatatsiei avtomobilei po normativnym pokazatelyam (*Management of technical maintenance of cars on the regulatory indicators*). Moscow: Transport, 1990. 239 p.

9. *Terentiev A.V.*, *Prudovsky B.D.* Metod operativnogo analiza tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya (*Method operational analysis of technical condition of the car*). Zapiski Gornogo instituta. 2014. Vol.209, p.197-199.

10. *Terentiev A.V.* Upravlenie zhiznennym tsiklom avtomobilya na stadii ekspluatatsii (*Lifecycle management of the car during the operational phase*). Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2015. N.3(50), p.228-231.

11. *Kramarenko V.G.*, *Kuznetsov E.S.*, *Miroshnikov L.V. et al.* Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobilei (*Technical operation of cars*). Moscow: Transport. 1983. 488 p.

12. *Hasanov A.D.* Osnovy tekhnicheskoi ekspluatatsii avtomobilei (*Bases of technical operation of automobiles*). Orenburgskiy gos. un-t. 2003. 193 p.

13. *Terentiev A.V.*, *Menukhova T.A.* The Methodology of the Operating Cost Accounting in Identifying Mileage of Efficient Motor Vehicle Operation. International Journal of Economics and Financial Issues. 2015. Vol.5, N 3S. http://www.econjournals.com/index.php/ijefi/article/view/1709/pdf

***Authors*: A.V.Terentiev**, *PhD in Engineering Sciences*, *Associate professor*, *terentich1@rambler.ru* (*Saint-Petersburg Mining University*, *Russia*), **A.A.Kapustin**, *Dr. of Engineering Sciences*, *Professor*, *professor-gas@mail.ru* (*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*, *Russia*).

Manuscript Accepted 25.02.2016.