

УДК 621.865.8:658.512.011

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

Зубрицкас И.И.

ФГБОУ ВПО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»,
Великий Новгород, e-mail: Igor.Zubrickas@novsu.ru

В статье изложены результаты статистических исследований по прогнозированию изменения параметров технического состояния тормозных систем автомобилей, проводившихся на базе ОТО ООО «Контроль», г. Великий Новгород, с использованием линии диагностики ЛТК-2Л для автомобилей семейства «ВАЗ». Статистические исследования проводились с целью получения данных о техническом состоянии конкретных автомобилей и динамике его изменения в процессе эксплуатации. Они включали в себя: сбор исходных данных об исследуемых автомобилях, сбор статистической информации по параметрам их технического состояния и ее дальнейшую обработку, прогнозирование изменения параметров технического состояния автомобилей на основе предлагаемых методик, получение информации о результатах прогнозирования и принятие дальнейшего управляющего решения. Проведенные статистические исследования позволили определить основные характеристики законов распределения параметров технического состояния тормозной системы, а также рассчитать математические закономерности изменения для всех параметров статистической выборки, что дало реальную возможность для прогнозирования изменения параметров технического состояния тормозных систем автомобилей.

Ключевые слова: автомобиль, тормозная система, прогнозирование, управление техническим состоянием на основе диагностических данных, методы управления техническим состоянием автомобилей

FORECASTING OF PARAMETERS OF TECHNICAL CONDITION OF BRAKE SYSTEM

Zubritskas I.I.

Novgorod state University named after Yaroslav the Wise,
Novgorod the Great, e-mail: Igor.Zubrickas@novsu.ru

In the article the results of statistical studies on forecasting of change of parameters of a technical condition of brake systems of vehicles held on the base of GRT LLC «Control», Velikiy Novgorod using line diagnostics LTK-2L for cars «VAZ». Statistical studies were conducted to obtain data on the technical state of the specific vehicles and dynamics of its changes during operation. They included: the collection of baseline data on the studied cars, collecting statistical information on their technical condition and its further processing, forecasting of change of parameters of a technical condition of vehicles on the basis of the proposed methodologies, information about the results of forecasting and making further control solutions. The conducted statistical research has allowed to define the main characteristics of the laws of distribution of parameters of the technical condition of the brake system, as well as to calculate mathematical regularities of changes of all parameters of statistical sampling, which gave a real opportunity to forecast changes in parameters of the technical condition of brake systems of vehicles.

Keywords: the vehicle, brake system, forecasting, management of technical conditions on the basis of diagnostic data, methods of control of technical condition of the cars

Современный автомобиль представляет собой сложную динамическую систему, функционирование которой происходит при действии различных случайных факторов, как со стороны внешней среды, так и, естественно, возникающих внутри нее случайных возмущений, отказов. Внешняя среда может вносить неопределенность, случайность исходных данных, ситуаций, случайным образом изменять характер взаимодействия между составными частями, узлами и агрегатами автомобиля. Внутри подобной динамической системы также могут возникать случайные возмущения, представляющие собой ошибки измерения, преобразования информации, действие различного рода помех, вследствие проявления неучтенных, но объективно действующих причин.

Эффективность функционирования автомобиля как технической системы зависит

от его технического состояния. В процессе эксплуатации, если не применять специальных мер, техническое состояние ухудшается. В связи с этим вытекает проблема управления техническим состоянием автомобиля.

Проблемам управления техническим состоянием динамических систем посвящен целый ряд научных работ, среди которых можно выделить работы Барзилович Е.Ю. [1], Буравлева А.И. [2], Смирнова Н.М., Ицкович А.А., Овсянникова А.А. [6–7], Срагович В.Г. [8] и ряда других авторов.

Общая проблема управления техническим состоянием автомобиля включает в себя следующие общие аспекты:

- оптимальная организация контроля над изменением технического состояния;
- эффективные методы контроля и прогнозирования изменения параметров технического состояния;

- определение моментов проведения профилактических работ;

- определение оптимального объема профилактических работ, а также работ по восстановлению при минимальных затратах.

Проведенные статистические исследования следует рассматривать в рамках оптимальной организации контроля над изменением технического состояния и разработки эффективных методов контроля и прогнозирования изменения параметров технического состояния автомобилей. Тем более, что тот уровень средств диагностики, которого они достигли в последние 5–10 лет, вполне позволяет реализовать практически любые задачи по прогнозированию.

В данной статье мы рассмотрим результаты статистических исследований по прогнозированию изменения параметров технического состояния тормозных систем автомобилей ВАЗ.

Статистические исследования проводились с целью получения данных о техническом состоянии конкретных автомобилей и динамике его изменения в процессе эксплуатации. Они включали в себя:

- Сбор исходных данных об исследуемых автомобилях.

- Сбор статистической информации по параметрам их технического состояния и ее дальнейшая обработка.

- Прогнозирование изменения параметров технического состояния автомобилей на основе предлагаемых методик.

- Получение информации о результатах прогнозирования и принятие дальнейшего управляющего решения.

К сожалению, ввиду ограниченного объема статьи невозможно полностью привести результаты исследований. Более подробно они изложены в работе Зубрицкас И.И. «Вопросы прогнозирования параметров диагностирования тормозных систем в рамках совершенствования системы управления техническим состоянием автомобилей» [5].

Исследования проводились на базе ОТО ООО «Контроль», г. Великий Новгород, с использованием линии диагностики ЛТК-2Л для автомобилей семейства «ВАЗ». Статистическая выборка состояла из 50 автомобилей.

Расчет закономерностей изменения параметров технического состояния проводился по 10 основным показателям тормозной системы, которые фиксируются линией диагностики ЛТК-2Л:

1. Общая удельная тормозная сила – ОУТС (рабочей ТС).

2. Общая удельная тормозная сила (стояночной ТС).

3. Ось 1: Относительная разность тормозных сил (ОРТС).

4. Ось 1: Расчетная тормозная сила – РТС (слева).

5. Ось 1: Расчетная тормозная сила (справа).

6. Ось 2: Относительная разность тормозных сил.

7. Ось 2: Расчетная тормозная сила (слева).

8. Ось 2: Расчетная тормозная сила (справа).

9. Стояночная тормозная система: Наибольшая тормозная сила – НТС (слева).

10. Стояночная тормозная система: Наибольшая тормозная сила (справа).

Для всей совокупности параметров были рассчитаны основные характеристики законов распределения по формулам

$$x_{\text{cp}} = \frac{\Pi_{\text{max}} + \Pi_{\text{min}}}{2}; \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{\Pi_{\text{max}} - \Pi_{\text{min}}}{6} \right)^2; \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}; \quad (3)$$

$$V_a = \frac{\sigma}{x_{\text{cp}}}, \quad (4)$$

где x_{cp} – среднее значение; Π_{max} , Π_{min} – максимальное и минимальное значения параметра; σ^2 – дисперсия; σ – среднее квадратическое отклонение; V_a – коэффициент вариации.

Результаты вычислений приведены в табл. 1.

По расчетным данным были построены графики интегральной ($F(x)$) и дифференциальной ($f(x)$) функций распределения для каждого из 10 параметров тормозной системы (ТС), на рис. 1 представлен график для одного из параметров. На рис. 1 также указаны: среднее значение (x_{cp}), среднее квадратическое отклонение (σ), дисперсия (σ^2) и коэффициент вариации (V_a), соответствующие рассматриваемому параметру.

Для прогнозирования изменения параметров технического состояния тормозной системы были рассчитаны математические закономерности изменения для всех 10 параметров выборки. Полученные закономерности представлены в табл. 2.

С использованием данных табл. 2 были построены графики интегральной ($F(x)$), дифференциальной ($f(x)$) функций и кривой распределения параметров (Y), которые

наглядно иллюстрируют распределение параметра технического состояния и закономерности их изменения в процессе эксплуатации. На рис. 2 приведен пример распределения параметра – общая удельная

тормозная сила рабочей тормозной системы, где $\Pi_{пред}^{В,Н}$ – верхнее и нижнее предельное значение параметра; Н – нормативное значение параметра согласно диагностической карте.

Таблица 1

Основные характеристики закона распределения параметров технического состояния (ТС) тормозной системы автомобилей семейства «ВАЗ»

Параметр ТС	Π_{max}	Π_{min}	x_{cp}	σ^2	σ	V_a
ОУТС (рабочей ТС)	0,9	0,19	0,545	0,014	0,1183	0,2171
ОУТС (стояночной ТС)	0,42	0,03	0,225	0,0042	0,065	0,2889
Ось 1 ОРТС	0,84	0	0,42	0,0196	0,14	0,3333
Ось 1 РТС слева	2894	301	1597,5	186768,0278	432,1667	0,2705
Ось 1 РТС справа	2784	320	1552	168647,1111	410,6667	0,2646
Ось 2 ОРТС	0,93	0	0,465	0,024	0,155	0,3333
Ось 2 РТС слева	2650	156	1403	172778,7778	415,6667	0,2963
Ось 2 РТС справа	2785	123	1454	196840,1111	443,6667	0,3051
НТС слева	2363	162	1262,5	134566,6944	366,8333	0,2906
НТС справа	2365	150	1257,5	136284,0278	369,1667	0,2936

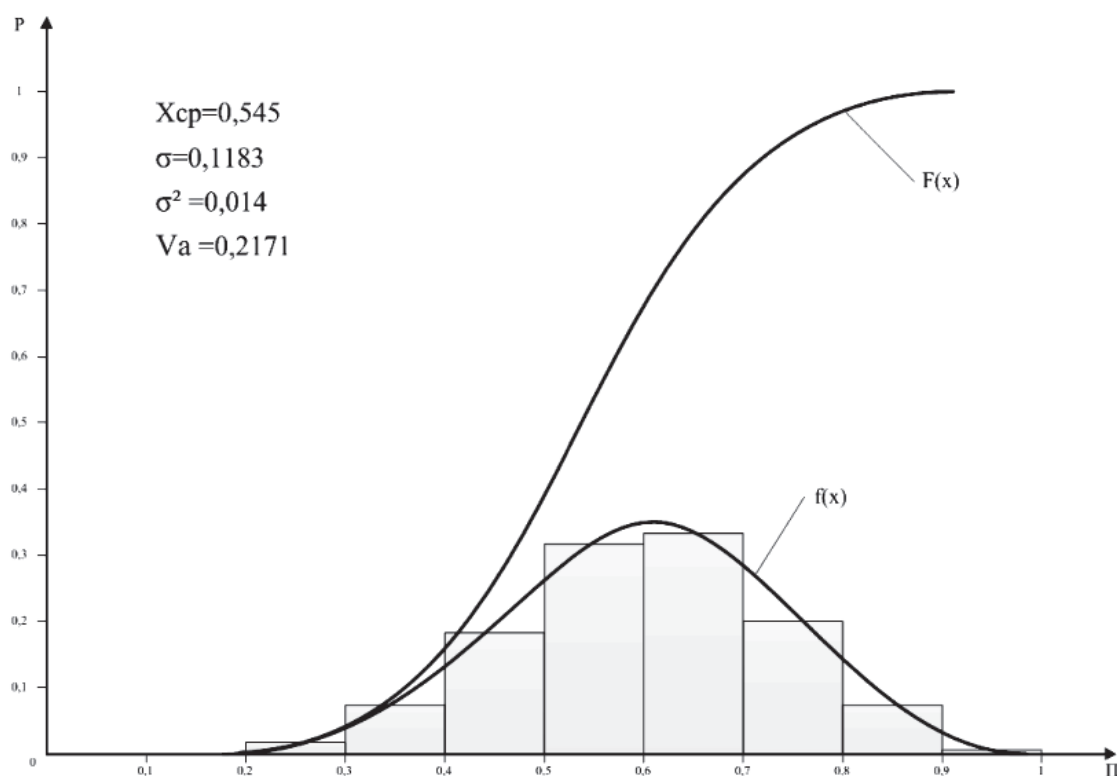


Рис. 1. Общая удельная тормозная сила (рабочей ТС)

Таблица 2

Закономерность распределения параметров

Параметр технического состояния (ТС)	Закон распределения
ОУТС (рабочей ТС)	$Y = \frac{x}{20240,58 + 2,05 \cdot x}$
ОУТС (стояночной ТС)	$Y = 8,94^{-2} + 2,43^{-7} \cdot x$
Ось 1 ОРТС	$Y = \frac{x}{-347728,3 + 6,92 \cdot x}$
Ось 1 РТС слева	$Y = 66,4 \cdot 1^x$
Ось 1 РТС справа	$Y = \frac{x}{28,71 + 6,29^{-4} \cdot x}$
Ось 2 ОРТС	$Y = \frac{x}{-263529,5 + 5,96 \cdot x}$
Ось 2 РТС слева	$Y = \frac{x}{2,58 + 1,23^{-3} \cdot x}$
Ось 2 РТС справа	$Y = \frac{x}{-40,2 + 1,41^{-3} \cdot x}$
НТС слева	$Y = 442,53 + 2,81^{-3} \cdot x$
НТС справа	$Y = \frac{x}{-21,23 + 1,54^{-3} \cdot x}$

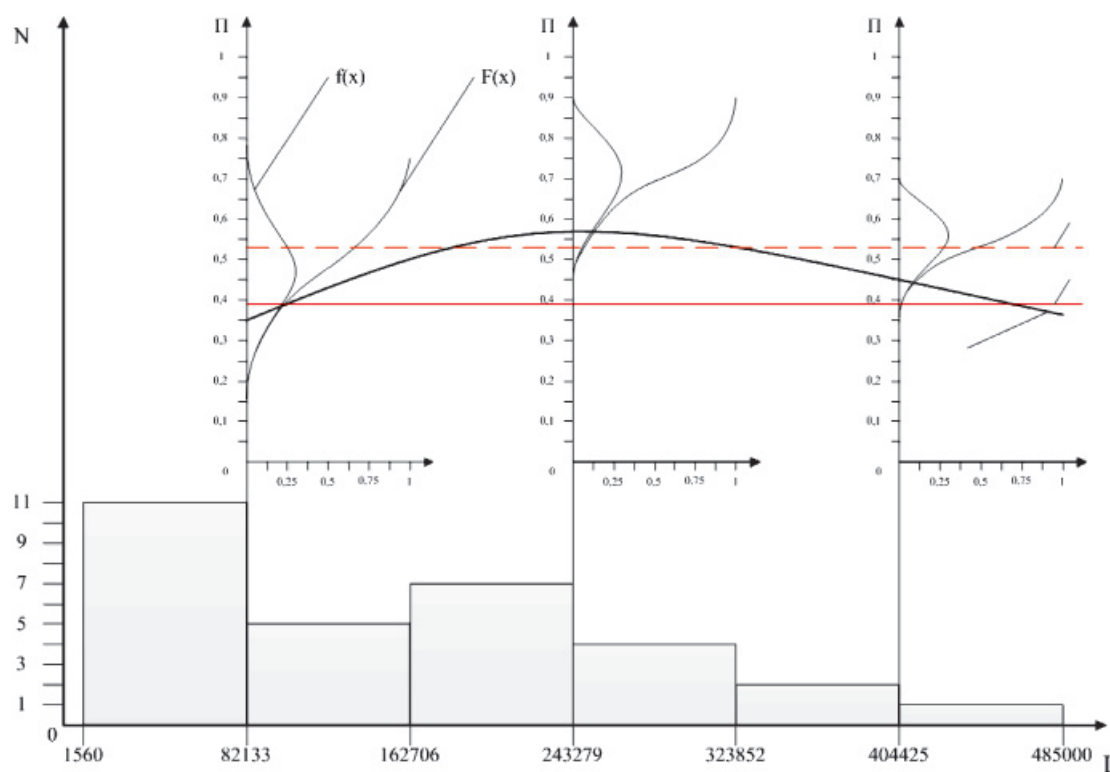


Рис. 2. Общая удельная тормозная сила (рабочей ТС)

Вывод: проведенные статистические исследования позволили определить основные характеристики законов распределения параметров технического состояния

тормозной системы, а также рассчитать математические закономерности изменения для всех параметров статистической выборки, что дало реальную возможность для

прогнозирования изменения параметров технического состояния тормозных систем автомобилей семейства ВАЗ.

Список литературы

1. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982. – 231 с.
2. Буравлев А.И., Доценко Б.И., Казаков И.Е. Управление техническим состоянием динамических систем. – М.: Машиностроение, 1995. – 240 с.: ил.
3. Зубрицкас И.И. Методология совершенствования системы управления техническим состоянием автомобилей на основе информационных технологий: Монография. – Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2011.
4. Зубрицкас И.И. Адаптивная система управления техническим состоянием автомобилей: монография. – Изд-во Lambert Academic Publishing LAP, ISBN: 978-3-8484-0288-5, 2012.
5. Зубрицкас И.И. Вопросы прогнозирования параметров диагностирования тормозных систем в рамках совершенствования системы управления техническим состоянием автомобилей: монография. – Изд-во Lambert Academic Publishing LAP, ISBN: 978-3-659-42509-7, 2013.
6. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А., Овсянников А.А. Основные принципы методов технического обслуживания и ремонта авиационной техники по состоянию. – Тр. ГосНИИ ГА, 1975, вып. 114. – С. 3–15.
7. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Методы обслуживания и ремонта машин по техническому состоянию. – М.: Знание, 1973. – 56 с.
8. Срагович В.Г. Адаптивное управление. – М.: Наука, 1981. – 384 с.

References

1. Barzilovich EJ Model of maintenance of complex systems. M.: Higher school, 1982, 231 p.

2. Buravlev A.I., Dotsenko B.I., Cossacks I.E. Control of technical condition of dynamic systems. M: machine-building, 1995. 240 p.: Il.

3. Zubrickas I.I. Methodology of improvement of the system of control of technical state of cars on the basis of information technologies / Monograph, NovSU them. Yaroslav the Wise, Novgorod the Great, 2011.

4. Zubrickas I.I. Adaptive control system of technical condition of the car / Monograph Publishing house LAP Lambert Academic Publishing, ISBN: 978-3-8484-0288-5, 2012.

5. Zubrickas I.I. Issues of forecasting parameters of diagnosing brake systems in the framework of improving the system of control of technical condition of the cars / Monograph Publishing house LAP Lambert Academic Publishing, ISBN: 978-3-659-42509-7, 2013.

6. Smirnov N. N., Itskovich A. A., Ovsyannikov, A. A. Basic principles of the methods of maintenance service and repair of aviation equipment according to their condition. The Tr. GosNII GA, 1975, vol. 114, pp. 3–15.

7. Smirnov N.N., Itskovich A. A. Methods for vehicle service and repair on a technical condition. M.: Knowledge, 1973, 56 p.

8. Srogovich V.G. Adaptive management. M.: Nauka, 1981, 384 p.

Рецензенты:

Швецов И.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой промышленной энергетики, ФГБОУ ВПО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород;

Майоров В.А., д.т.н., профессор кафедры промышленной энергетики, ФГБОУ ВПО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород.

Работа поступила в редакцию 15.07.2014.