

УДК 629.331.017: 681.518.5 (083.72)

Оценка эксплуатационной надежности современных автомобилей

Exploitation valuation of reliability of modern cars.

Сосновский С.А., Савич Е.Л. кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей» БНТУ

Анотация. В работе предложен алгоритм определения эксплуатационной надежности в условиях интенсивного совершенствования конструкций автомобиля.

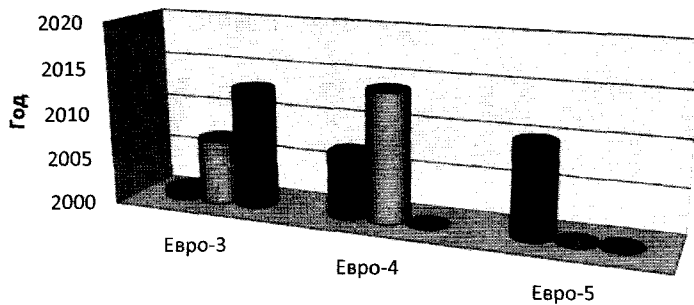
Abstract. In this work it is offered the algorithm for definition of exploitation reliability according to the conditions of intensive improvement of car construction.

Введение

Ужесточение экологических норм, требований по активной безопасности, предъявляемые

к автотранспортным средствам, ставит перед современным автостроением глобальную проблему – создание транспортных средств будущего [1]. Одним из ведущих направлений конструкторских разработок для решения вышеназванной проблемы является внедрение в существующие агрегаты и механизмы автомобиля электронных систем управления (ЭСУ): электронные системы управления двигателем, системы курсовой устойчивости автомобиля и т.д. По экспертным оценкам средневзвешенный удельный вес электронных систем в выпускаемых предприятиями Республики Беларусь

мобильных машинах или автомобилях составляет около 8% [2]. Управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ» ОАО «МАЗ», которая является ведущим автомобильным производителем в Республике Беларусь, проводит работы по разработке автомобилей, которые соответствуют современным требованиям. С 2003 по 2008 годы осуществлялась программа модернизации предприятия с целью перехода на массовый выпуск автомобилей шестого поколения. Периоды между выпуском первых образцов, серийным производством и прекращением серийного производства автомобилей МАЗ новых экологических уровней и имеющие отличные по составу и принципу действия ЭСУ двигателем кратковременны рисунок 1. Опыт использования и обслуживания автомобилей [3] свидетельствует о настороженности эксплуатирующих организаций к во-



	Евро-3	Евро-4	Евро-5
■ Опытный образец	2001	2007	2010
■ Начало серийного производства	2007	2014	0
■ Окончание серийного производства	2013	0	0

Рисунок 1. Периоды между разработкой и окончанием серийного производства автомобилей МАЗ, различных экологических уровней

Объекты испытаний



Рисунок 2. Классификация испытаний машин

просам надежности ЭСУ. ЭСУ гораздо надежнее остальных систем автомобиля [3], однако анализ публикаций [4] свидетельствует о том, что круг этих вопросов исследован недостаточно. Специальных исследований по оценке уровня эксплуатационной надежности автомобилей, оборудованных ЭСУ, затрат на их ТО и ремонт в ускоренные сроки внедрения таких систем в конструкцию автомобиля не было [3]. Об этом свидетельствуют и научно-исследовательские работы, проводимые в РБ по исследованию надежности автомобилей МАЗ [5], которые направлены в основном на исследование надежности механических составляющих автомобиля. Кроме этого автомобили МАЗ не идентичны, на двух машинах одной и той же модели могут стоять различные ЭСУ, что очень затрудняет ремонт, делает его длительным. Одной из проблем обеспечения эксплуатационной надежности [6] является низкий аналитический уровень исследований надежности автомобилей МАЗ со стороны завода изготовителя.

В современных научных исследованиях [3,7,8] обосновывается, что разработанные ранее подходы к обеспечению эксплуатационной надежности автотранспортных средств, оборудованных ЭСУ, требуют пересмотра и нового осмысления. В данной статье решение задачи совершенствования систем обеспечения эксплуатационной надежности будет ограничено рассмотрением вопросов планирования и выбора метода сбора информации о надежности автотранспортных средств МАЗ, оборудованных ЭСУ.

Основная часть

В науке о надежности машин можно выделить два самостоятельных направления – техническую и эксплуатационную надежность [9]. Первое направление служит исходной базой для расчета параметров работоспособности машин на стадиях проектирования и изготовления. Основной задачей второго направления является разработка и обоснования комплекса мероприятий по обеспечению надежности машин при их использовании. Оно включает в себя прогнозирование и оперативное управление техническим состоянием, обоснованием объемов и периодичности ремонтно-обслуживающих воздействий, стратегию профилактических замен, расчет потребности в запасных частях и др. [9].

Оба этих направления основываются на оценке надежности автотранспортных средств на каждой стадии жизненного цикла (проектирование, производство и эксплуатация) по результатам проведения испытаний рисунок 2 [10].

Попытки применить существующую многоступенчатую систему испытания с применением полного перечня методов сбора информации, видов испытаний, условий и мест проведения не позволит, по мнению авторов статьи, достигнуть необходимого эффекта для обеспечения работоспособности автомобиля при эксплуатации, оборудованных ЭСУ, в современных условиях. Этапы проведения всего комплекса испытаний, выявление конструктивных и технологических недостатков ЭСУ, недостатков в организации ремонта и эксплуатации, разработка предложений по совершенствованию существующих систем обеспечения надежности ЭСУ, опробования новых систем будут занимать длительный период. Результат не будет актуален – на момент создания системы обеспечения надежности массово будут эксплуатироваться автомобили более «новых технологий». Авторами предлагается сократить перечень необходимых и обязательных, согласно нормативно-техническим документам, испытаний с разработкой наиболее рационального алгоритма для оценки показателей эксплуатационной надежности.

Предлагаемый алгоритм оценки показателей эксплуатационной надежности ЭСУ в условиях сжатых временных показателей состоит из следующих этапов:

1 этап: использование расчетных методов на основании рекламаций от потребителей техники не только по исследуемым моделям, но и моделям аналогам, на которых установлены идентичные ЭСУ, для примера: исследуется эксплуатационная надежность электронной системы управления подачей топлива типа MS6/ Stufe2 автомобиля MAZ-256170, на котором

установлен двигатель Deutz BF4M 1013 FC. При этом используются дополнительно данные по рекламациям автомобиля MAZ-256170 и автомобилей: MAZ-171075, MAZ-256070, MAZ-256270, MAZ-437030, MAZ-437130 с такой же ЭСУ. Для оценки эксплуатационной надежности применяются только показатели безотказности [11] так, как из рекламационных данных сервисного центра MAZ возможно воспользоваться следующей информацией: неисправность, срок службы автомобиля и наработка автомобиля. Используются показатели:

- средняя наработка элемента ЭСУ на отказ T:

$$T = t/r(t) \tag{1}$$

где: t – суммарная наработка всех автомобилей, имеющие идентичные отказы ЭСУ;

r(t) – число идентичных отказов ЭСУ, фактически происшедших за суммарную наработку.

- интенсивность отказов λ :

$$\lambda = (n(t+\Delta t) - n(t)) / N \Delta t \tag{2}$$

где: n(t) – число идентичных отказов ЭСУ, фактически происшедших за наработку от 0 до t;

n(t+Δt) – число идентичных отказов ЭСУ, фактически происшедших за наработку от t до t+Δt;

N – число автомобилей работоспособных в начальный момент времени;

t – интервал наработки в пределах гарантийного пробега;

Применяя разведочный анализ, при обработке статистических данных используется метод «джекнайф» [12], который заключается в последовательном удалении из выборки объема n одного элемента и проверки на нем статистических выводов, полученных по оставшейся выборке объема (n-1). Затем удаленный элемент заменяют другим и т.д., что дает n проверок статистических выводов, позволяющих судить об их достоверности. При выявлении лимитирующих надежность ЭСУ закономерностей используется подтверждающий анализ – 2 этап.

2 этап: использование расчетно-экспериментального метода с использованием данных эксплуатационного наблюдения для определения показателей надежности. Определенную трудность для проведения эксплуатационного наблюдения составляет выбор плана наблюдения и выбор показателя надежности, по которому будет оцениваться эксплуатационная надежность.

В настоящее время различают 16 планов эксплуатационных наблюдений на надежность. План наблюдения [13] устанавливает объем выборки, порядок проведения испытания и критерии их прекращения независимо от вида продукции. Ограничить количество планов для их выбора, позволяет стратегия его проведе-

ния: без восстановления отказавшего изделия (планы типа [...R...]) или с возможностью восстановления отказавшего изделия (планы типа [...U...] [...M...]). Для автомобиля, который является восстанавливаемым объектом, количество планов эксплуатационных наблюдений сокращается до 14.

Для оценки эксплуатационной надежности предлагается использовать комплексный показатель надежности – коэффициент готовности K_r :

$$K_r = T / (T + T_v) \quad (3)$$

где: T – средняя наработка на отказ;

T_v – среднее время восстановления.

Применение данного показателя позволит:

- оценить как показатели безотказности (для определения лимитирующих элементов ЭСУ), так и показателей ремонтпригодности (для определения «проблемных» вопросов возникающих при восстановлении работоспособности ЭСУ);

- сократить перечень планов эксплуатационных наблюдений, что упрощает выбор плана эксплуатационного наблюдения.

Для оценки K_r [14] рекомендуется применять планы эксплуатационного наблюдения [NMT] и [NMR].

Кроме существующих нормативных требований [13,14], определяющих выбор плана эксплуатационных наблюдений в работе [15] рекомендуется при выборе плана использовать функции (критерии) эффективности: средней продолжительности $T_{набл}$, средней стоимости $S_{набл}$ и точности $B_{набл}$ наблюдений соответствующих плану при достижений функцией показателей:

$$\begin{cases} f(T_{набл}) \rightarrow \min \\ f(S_{набл}) \rightarrow \min \\ f(B_{набл}) \rightarrow \max \end{cases} \quad (4)$$

Анализ [15] планов испытаний в зависимости от критериев эффективности при их проведении представлен в таблице 1

Таблица 1. Зависимость функций эффективности от плана испытаний

Тип плана испытаний	Функция эффективности		
	$T_{набл}$	$S_{набл}$	$B_{набл}$
NUN	-	-	+
NUR NUT	+/-	+/-	+/-
NUZ	+/-	+	+/-
NMR NMT	+	-	+/-

В таблице 1 «+» означает, что план наиболее предпочтителен по данному критерию; знак «+/-» означает, что план не является наилучшим по данному критерию; знак «-» означает, что план наихудший по данному критерию.

Использование плана [NMT] для эксплуатационного наблюдения за надежностью ЭСУ

автомобилей позволит получить наиболее актуальные показатели надежности при оптимальной эффективности проведения наблюдений.

При определении объема испытаний сталкиваемся с рядом трудностей:

1. Отсутствует информация о том, какому закону распределения будет подчиняться исследуемый параметр K_r . В этом случае в работе [16] число подконтрольных автомобилей N рекомендуется определять по приближенной формуле:

$$N = \log(1-q) / \log(1-\varepsilon) \quad (5)$$

где: q – доверительная вероятность;

ε – допустимая ошибка.

Для изделий массового и серийного производства [14] $\varepsilon=0,10$ и $q=0,90$, находим, что минимальное число подконтрольных автомобилей должно быть не менее 22.

2. Некоторую специфику приобретает взаимосвязь числа подконтрольных автомобилей N и относительной продолжительности наблюдений, которая определяется [14] формулой:

$$\chi \times N = r \quad (6)$$

где: χ – относительная продолжительность наблюдений;

r – прогнозируемое число отказов.

Прогнозируемое число отказов r для изделий массового и серийного производства с использованием справочных таблиц [14] и показателя допустимой ошибки $\varepsilon=0,10$ и доверительной вероятности $q=0,90$ установить не составляет никакой трудности – 217.

Но, какую единицу измерений будет иметь относительная продолжительность наблюдений χ в формуле 6 – месяц; год; тыс. км. наработки?

Авторами предлагается формула 7 для определения календарной продолжительности наблюдений:

$$T = \frac{r \times l_0}{N \times l_{год}}, \text{ лет} \quad (7)$$

где: T – календарная продолжительность наблюдений, лет;

r – число прогнозируемых отказов, ед. ;

N – количество объектов наблюдений, ед.;

l_0 – гарантийный пробег наблюдаемых объектов на отказ тыс. км.;

$l_{год}$ – среднегодовой пробег наблюдаемых объектов, тыс. км/год.

Заключение

Предлагаемый алгоритм проходит опробование в одной из силовых структур Республики Беларусь для оценки эксплуатационной надежности автомобилей МАЗ, оборудованных ЭСУ экологического уровня Евро-3.

Литература:

1. Белоусов, Б.Н. Прикладная механика тягово-транспортных средств с мехатронными системами. Монография / Б.Н. Белоусов, С.Б. Шухман ; под ред. Б.Н. Белоусова. – М.: Агроконсалт, 2013. – 612 с.

2. Дубовик, Д.А. Бортовые системы управления мобильных машин: настоящее и будущее / Д.А. Дубовик, В.В. Савченко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 3. – С.37-49.

3. Григорьев, М.В. Повышение эксплуатационной надежности электронных систем управлений двигателем (На примере систем BOSCH M 1.5.4 и МИКАС 5.4.): дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / М.В. Григорьев. – М., 2004. – 253 л.

4. Никитин, В.И. Надежность мехатронных систем / В.И. Никитин [и др.] // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / ХНАДУ – Харьков, 2004. – С 59-62.

5. Научно-исследовательские работы // Белорусский научно-исследовательский институт транспорта „Транстехника“ [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.transtekhnika.by/archiv/index.htm>. – Дата доступа: 16.02.2014.

6. Мороз, Д. МАЗ: услышать потребителя/ Д. Мороз // Транспортный вестник. – 2013. -19 декабря // <http://www.transport-gazeta.by/index.php/article/3540/number/51/19-12-2013/maz-uslyshat-potrebiteleya>

7. Гончаров, А.А. Совершенствование технологии диагностирования электронных систем управления автомобильных двигателей: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.А. Гончаров. – Оренбург, 2004. – 96л.

8. Федоров, А.А. Разработка методики организации производства диагностирования электронных систем управления двигателями внутреннего сгорания с помощью передвижных лабораторий: дис. ... канд. техн. наук:

05.22.10 / А.А. Федоров. – Самара, 2009. – 166 л.

9. Сухарев, Э.А. Эксплуатационная надежность машин. Теория, методология, моделирование: учеб.пособ. – Ровно: НУВХП, 2006.- 192 с.

10. Основы надежности машин: учеб. Пособие для вузов. Часть II/ И.Н. Кравченко [и др.]; под общ. ред. И.Н. Кравченко. – М.: Издательство, 2007. – 260 с.

11. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 27.002-89. – Введ. 01.07.90 – М.: Издательство стандартов, 1990. – 86 с.

12. Exploratory data analysis, JOHN W. Tukey, 1977, by Addison – Wesley Publishing Coompany, Inc.

13. Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность: ГОСТ 27.410 – 87. Введ. 01.01.89. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 77 с.

14. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным: РД 50-690-89. – Введ. 01.01.91. – М.: Гос. Комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 132 с.

15. Аронов, И.З. Планирование определительных испытаний на надежность и обработка их результатов/ И.З. Аронов, М.В. Журцев // Закономерности влияния надежности машин на эффективность их эксплуатации / А.М. Шейнин [и др.]. – М. 1987. – С. 55-112.

16. Трикозюк, В.А. Повышение надежности автомобиля / В.А. Трикозюк. – М.: Транспорт, 1980. – 88 с.

УДК 621.