

**В. Н. Козловский, Н. И. Горбачевский, А. Г. Сорокин,
В. Б. Кислинский, Л. Х. Мифтахова**

АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ С КОМБИНИРОВАННОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Ключевые слова: качество, надежность, электромобиль, автомобиль с гибридной силовой установкой, электрооборудование.

В работе представлены результаты разработки комплекса прогнозирования надежности и ремонтопригодности ориентированного на электромобили и автомобили с комбинированной силовой установкой.

Keywords: quality, reliability, electric car with a hybrid power plant, electrical equipment.

The paper presents the results of complex forecasting reliability and maintainability based on electric vehicles and vehicles with a combined power plant.

Анализ ситуации сложившейся в мировом автомобилестроении за последние 10 лет четко показывает все большую перспективность развития так называемых электротехнологий.

На фоне продолжающегося ужесточения экологических норм законодательством промышленно развитых стран и, как следствие, усовершенствования конструкций серийно-выпускаемых автомобилей продолжаются исследования для замены источников энергии транспортных средств. Среди возможных на сегодняшний день вариантов, наиболее перспективными, являются проекты электромобиля (ЭМБ) и автомобиля с комбинированной силовой установкой (АКСУ).

Проблемы, связанные с разработкой, производством и обслуживанием автомобилей на электротехнологиях известны. Это и поиск новых материалов для аккумуляторных батарей и повышение эффективности систем электропривода и т.д. Однако, вопросы связанные с обеспечением качества и надежности таких автомобилей, на наш взгляд, освещены не достаточно полно. Одним из проблемных вопросов в данном случае, несомненно, является необходимость разработки моделей оценки эффективности решения проблем качества, которые позволяют проводить экономическую оценку и прогнозирование показателей надежности и ремонтопригодности при реализации мероприятий связанных с улучшением автомобилей. Представленная работа посвящена решению данной проблемы.

Оценка эффективности мероприятий направленных на повышение надежности автомобилей с учетом данных гарантийной эксплуатации. Мониторинг результативности и эффективности мероприятий по корректирующим воздействиям является неотъемлемой частью современных систем менеджмента качества, отвечающих требованиям стандартов ИСО 9001, ИСО/ТУ 16949.

Прогнозирование эффективности мероприятий по улучшению комплексных показателей надежности методом аналитического моделирования.

При рассмотрении вопросов надежности (вероятность безотказной работы (P)) автомобилей как массового продукта, вопросы ремонтопригодности (Z) приобретают особую актуальность, поскольку в данном случае любой автопроизводитель вынужден организовывать не только процесс продажи своего продукта, но и обеспечить надлежащее техническое обслуживание и ремонт, что требует разработки и внедрения комплекса мероприятий по развитию сервисной сети. В общем виде такая деятельность заключается в планировании, организации, контроле и управлении сервисной сетью по территориям.

Автопроизводитель должен обучать специалистов сети, обеспечивать запасными частями, специальным инструментом и оснасткой, нормативной и технологической документацией предприятия сервиса. Такой процесс носит постоянный характер.

Современный автомобиль – сложный продукт, ремонт которого проводится в несколько стадий: первичный осмотр, диагностика, собственно ремонт (замена отказавших изделий), выходной контроль. В том случае, если отказ изделия носит гарантийный характер (причиной отказа является ненадлежащее качество автомобиля), то все издержки по стадиям ремонта несет автопроизводитель. В итоге, в случае недостаточного качества автомобилей, высокой трудоемкости устранения отказов и стоимости запасных частей мы получаем внушительный бюджет на гарантийное обслуживание продукции. Причем это только видимая часть «айсберга». Сложно просчитать имиджевые потери производителя, следствием которых является отказ потребителя от данного продукта. Все это ключевые причины ухода с мировых рынков, в том числе и с российского ряда автомобильных производителей.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о необходимости эффективного управления качеством и надежностью автомобильной техники на всех стадиях жизненного цикла, одним из инструментов которого должен стать - управление затратами на обеспечение надежности автомобилей.

Для определения затрат и ее взаимосвязи с показателями надежности на первом этапе необходимо определить изменение затрат на обеспечение надежности ЭМБ и АКСУ в заданный период, в функции гарантийного пробега эксплуатации, связать показатели надежности с затратами, построить соответствующие модели, выявить наиболее значимые составляющие затрат. Затем, на втором этапе, перейти к комплексу электрооборудования как наиболее значимому для ЭМБ и АКСУ и построить соответствующие модели для него.

Разработка аналитических форм уравнений определяющих зависимость затрат на устранение отказов в функции надежности проводилась нами с помощью полиномов. При этом, рассматриваем полиномы 15 степени.

В качестве измерителей затрат использовались три показателя: мгновенные затраты (Z_m) – это затраты характеризующие конкретные промежутки эксплуатации, накопленные затраты (Z_n) – это затраты на устранение отказов которые накапливаются на всем исследуемом интервале пробега, и, последнее, накопленные затраты трехмерных моделей надежности.

Исходя из вышеизложенного, распределение накопленных затрат, по j -м элементам, i -м системам и автомобилям, через соответствующие показатели вероятности безотказной работы (ВБР) в общем виде можно представить:

$$Z_{n_{ij}}(P) = z1_{ij} \cdot P_{ij}^{15} + z2_{ij} \cdot P_{ij}^{14} + z3_{ij} \cdot P_{ij}^{13} + z4_{ij} \cdot P_{ij}^{12} + z5_{ij} \cdot P_{ij}^{11} + z6_{ij} \cdot P_{ij}^{10} + z7_{ij} \cdot P_{ij}^9 + z8_{ij} \cdot P_{ij}^8 + z9_{ij} \cdot P_{ij}^7 + z10_{ij} \cdot P_{ij}^6 + z11_{ij} \cdot P_{ij}^5 + z12_{ij} \cdot P_{ij}^4 + z13_{ij} \cdot P_{ij}^3 + z14_{ij} \cdot P_{ij}^2 + z15_{ij} \cdot P_{ij} + z16_{ij} \quad (1)$$

$$Z_{n_i}(P) = z1_i \cdot P_i^{15} + z2_i \cdot P_i^{14} + z3_i \cdot P_i^{13} + z4_i \cdot P_i^{12} + z5_i \cdot P_i^{11} + z6_i \cdot P_i^{10} + z7_i \cdot P_i^9 + z8_i \cdot P_i^8 + z9_i \cdot P_i^7 + z10_i \cdot P_i^6 + z11_i \cdot P_i^5 + z12_i \cdot P_i^4 + z13_i \cdot P_i^3 + z14_i \cdot P_i^2 + z15_i \cdot P_i + z16_i \quad (2)$$

$$Z_n(P) = z1 \cdot P^{15} + z2 \cdot P^{14} + z3 \cdot P^{13} + z4 \cdot P^{12} + z5 \cdot P^{11} + z6 \cdot P^{10} + z7 \cdot P^9 + z8 \cdot P^8 + z9 \cdot P^7 + z10 \cdot P^6 + z11 \cdot P^5 + z12 \cdot P^4 + z13 \cdot P^3 + z14 \cdot P^2 + z15 \cdot P + z16 \quad (3)$$

После определения взаимосвязи между надежностью и накопленными затратами на устранение отказов элементов, основных систем и ЭМБ или АКСУ в целом появляется возможность для построения моделей отражающих зависимость затрат на обеспечение надежности от фактической надежности и эксплуатационного пробега.

В качестве примера на рис. 1 приведена трехмерная модель надежности одного из самых популярных в России семейств автомобилей.

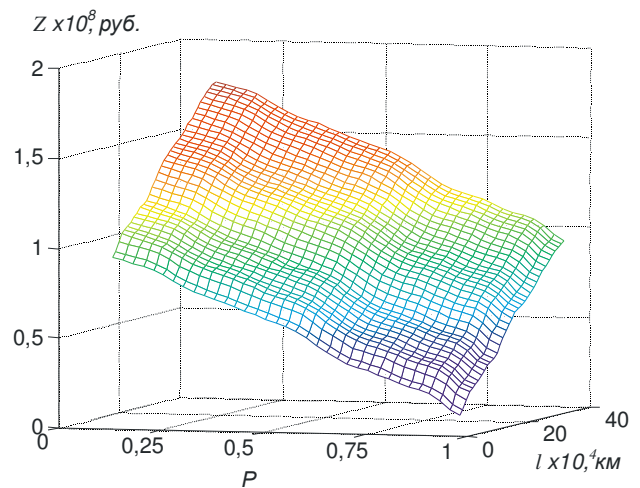


Рис. 1 - Трехмерная модель надежности автомобилей

Таблица 1 - Прогнозные показатели изменения надежности и затрат на устранения отказов электрооборудования при внедрении мероприятий

Наименование технического устройства	ВБР до внедрения мероприятий	ВБР после внедрения мероприятий	Эксплуатационные затраты до внедрения мероприятий, усл. ден. ед.	Эксплуатационные затраты после внедрения мероприятий, усл. ден. ед.	Снижение затрат, %
Автомобили					
ЭМУР	0,662	0,693	45061000	37952200	15,8
Генератор	0,564	0,605	4901300	4184140	14,7
Электро-стартер	0,94	0,947	1259400	1103736	12
Электро-стеклопод.	0,959	0,965	1640700	1312560	20
ЭП	0,231	0,283	56368000	48386376	14
Электрооборудование	0,0512	0,097	74631000	66649376	10,7
Автомобили	0,00164	0,00353	127880000	119898376	6

Использование модели (рис.1), обеспечивает возможность для прогнозирования показателей надежности и ремонтпригодности при планировании и реализации мероприятий направленных на улучшение качества автомобилей. Наш практический опыт прогнозирования показывает, что внедрение, каких либо мероприятий направленных на повышение качества технических устройств, не может обеспечить полное решение соответствующих проблем. То есть, даже самые эффективные методы не в состоянии гарантировать 100% качества продукции по ключевым параметрам. Исходя из сказанного, обеспечивается 80% прогнозная оценка улучшений показателей надежности и затрат на устранение отказов автомобилей на электротехнологиях в эксплуатации. В качестве примера, в табл. 1 представлены соответствующие прогнозные значения вероятности безотказной работы (ВБР) и затрат по группе, по комплексу электрооборудования и по автомобилям в целом, на устранение отказов генераторов, электростартеров, электростеклоподъемников и ЭМУР по автомобилям находящимся в гарантийной

эксплуатации, для которых разработана трехмерная модель надежности (рис.1).

На рис. 2 представлены распределения надежностей изделий, комплекса электрооборудования и автомобиля в целом до внедрения улучшений и прогнозные показатели после внедрения.

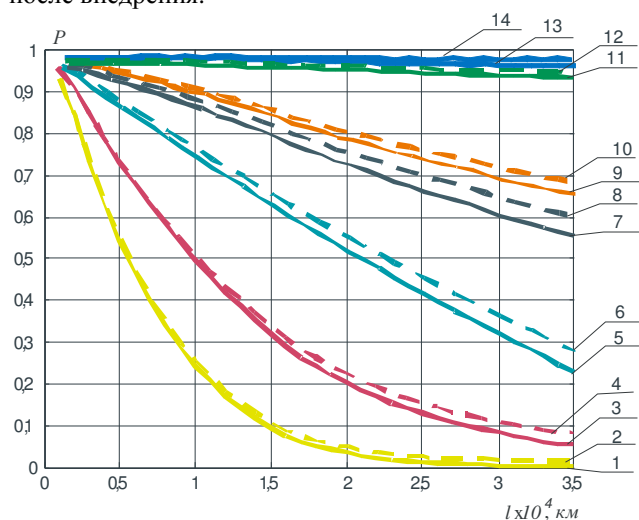


Рис. 2 - Распределение надежности до и после внедрения мероприятий для автомобилей: 1 и 2 – для автомобилей до и после внедрения мероприятий; 3 и 4 – для системы электрооборудования до и после внедрения мероприятий; 5 и 6 – для группы электромеханических преобразователей (ЭП) до и после внедрения мероприятий; 7 и 8 – для генератора до и после внедрения мероприятий; 9 и 10 – для электромеханического усилителя (ЭМУР) до и после внедрения мероприятий; 11 и 12 – для электростартера до и после внедрения мероприятий; 13 и 14 – для электростеклоподъемника до и после внедрения мероприятий.

Таким образом, разработанный нами комплекс прогнозирования надежности и

ремонтпригодности применим для реализации проектов новых направлений автомобилестроения к числу которых относятся электромобили и автомобили с комбинированной силовой установкой.

Литература

1. Строганов, В.И. Инновационные методы исследования качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой: монография / В.И. Строганов, В.Н. Козловский. – М.: ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». – 2012. – 228 с.
2. Козловский, В.Н. Аналитические исследования качества автомобилей в эксплуатации: монография / В.Н. Козловский, В.И. Строганов. – «Palmarium Academic Publishing», AV Akademikerverland «GmbH&Co.», Deutschland, 2013. – 140 с.
3. Тумаева Е.В. Подobie оптимальных зависимостей токов в синхронном двигателе с электромагнитным возбуждением на базе теории обобщенной машины. – Вестник Казанского технол. ун-та. - №2, Т.16, с. 158-159.
4. Амирова С.С. Абдурагимов Р.А., Исаев А.А. Совершенствование управления энергосбережением цеха 2104 завода «Этилен». - Вестник Казанского технол. ун-та. - №2, Т.16, с. 180-181

© **В. Н. Козловский** – д.т.н., профессор, зав. каф. «Современное естествознание» ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный университет сервиса»; **Н. И. Горбачевский** – к.т.н., зав. каф. ЭТЭОП НХТИ КНИТУ, aer-nk@mail.ru; **А. Г. Сорокин** - доцент кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины» Сызранского филиала ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», кандидат технических наук, prepodkse@yandex.ru; **В. Б. Кислинский** – к.ф.-м.н., доц. каф. математических и естественнонаучных дисциплин Сызранского филиала ФГБОУ ВПО «СГЭУ»; **Л. Х. Мифтахова** – аспирант каф. теоретических основ теплотехники КНИТУ, ст. преподаватель каф. ЭТЭОП НХТИ КНИТУ, lina_miftahova@mail.ru.