

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье решается проблема снижения отказов элементов электрооборудования автомобилей. Обоснован метод определения периодичности технического обслуживания элементов электрооборудования автомобилей на основе разработанной математической модели потенциала работоспособности.

Ключевые слова: автотранспортные средства, безопасность, элементы электрооборудования, потенциал работоспособности, техническое состояние.

Современные автомобили оснащаются различными системами, обеспечивающими безопасные и комфортные условия их эксплуатации. Данные системы создаются на этапах конструирования, проектирования, производства и используются в эксплуатации. При этом доля агрегатов и систем автомобиля, работоспособность которых зависит от технического состояния элементов электрооборудования (ЭЭО), в последние годы постоянно увеличивается. Известно, что состояние элементов мехатронных систем автотранспортных средств (АТС) напрямую зависит от исправности ЭЭО, значимость которых определяется в 30%. Поэтому актуальным является анализ причин возникновения отказов и неисправностей ЭЭО и дальнейшее исследование их с целью установления объективных зависимостей, позволяющих не только прогнозировать изменение параметров технического состояния элементов, но и своевременно принимать решения о техническом воздействии для предупреждения или устранения отказов или неисправностей.

Обоснованием выбора в качестве объекта исследования ЭЭО являются научные положения, разработанные в исследованиях: А.В. Акимова, Д.А. Соснина, В.П. Федосова, Ю.П. Чижкова, В.Е. Ютта и др. Анализ этих работ позволяет сделать вывод о том, что электрооборудование представляется как комплекс взаимосвязанных систем и элементов, где более 25% отказов приходится на стартер и систему зажигания автомобиля, более 20% отказов относятся к световой сигнализации, 16% отказов – у контрольно-измерительных приборов и генератора. При этом отдельно в работах не учитывается техническое состояние таких связующих и токопередающих элементов, как электрических проводов, техническая исправность которых

определяет работоспособность элементов в электрооборудовании автомобиля.

Неисправности и отказы ЭЭО, определяемые как случайные (внезапные), мгновенно изменяют из технически исправного состояния АТС в неисправное, и косвенно могут стать причиной дорожно-транспортных происшествий либо иного неблагоприятного события.

На рисунке 1 представлен анализ причин отказов и режимов работ ЭЭО АТС, выраженный в виде качественной взаимосвязи.

Следует отметить, что наиболее нагруженными в силовом и временном измерениях ЭЭО, считаются: стартер, система зажигания, генератор автомобиля, электропривод рулевого управления (для определенного числа автомобилей) и фары ближнего света, которые определяют как потенциально регламентирующие техническую исправность и безопасность автомобиля в целом [2].

Поэтому для дальнейшего исследования были отобраны следующие ЭЭО автомобилей: провода стартера (ПС), провода фар ближнего света (ПФБС), провода генератора (ПГ), провода электропривода рулевого управления (ПРУ) и высоковольтные провода системы зажигания (ВП).

При эксплуатации значимым является то, что для поддержания автомобиля и его элементов в технически исправном состоянии необходимо их своевременное и качественное периодическое обслуживание. При этом, в классическом представлении под периодичностью технического обслуживания (ТО) принимают наработку, выраженную либо в километрах пробега, либо в часах работы, между двумя последовательно производимыми, однородными видами ТО.

При формировании системы ТО основной задачей является разработка оптимальных режи-

мов, а именно: определение требуемого перечня и последовательности операций ТО, оптимальной периодичности их выполнения с учетом конкретных условий эксплуатации автомобиля.

Определение периодичности плановых технических воздействий на автомобиль с целью предотвращения и отдаления моментов возникновения отказов и неисправностей его агрегатов и систем является важным этапом разработки режимов ТО. Можно выделить следующие методы определения периодичности ТО:

- по допустимому уровню безотказности;
- по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния;
- технико-экономический;
- экономико-вероятностный.

Важно учитывать тот аспект, что не каждый из методов может точно отразить достоверное значение в случае определения периодичности для ЭЭО АТС. Следовательно, необходимо выявление наиболее подходящего метода периодичности технического обслуживания для ЭЭО АТС. В нашем случае, согласно анализа состояния вопроса, наиболее подходящим представляется метод определения периодичности ТО по допустимому уровню без-

зотказности, где основным критерием для уровня безотказности будет являться обеспечение не только безотказной, но и безопасной эксплуатации.

В качестве обобщающего параметра технического состояния для ЭЭО предлагается выбрать потенциал работоспособности, учитывающий состояние элементов электрооборудования с учетом процессов старения [3]. В данном случае в процесс старения закладываются условия, характеризующие эксплуатацию, дорожные условия, природно-климатические и другие факторы. Для определения численного значения потенциала работоспособности была разработана методика, которая представлена в виде блок-схемы на рисунке 2.

В ходе исследований были разработаны математические модели потенциала работоспособности для различных элементов электрооборудования. Общий вид определения потенциала работоспособности Pr представлен следующей зависимостью:

$$Pr = f(L) = f[X(L)], \quad (1)$$

где $X(L)$ – случайная функция изменения параметров от наработки, тыс. км;

f – функция, описывающая детерминированную зависимость.

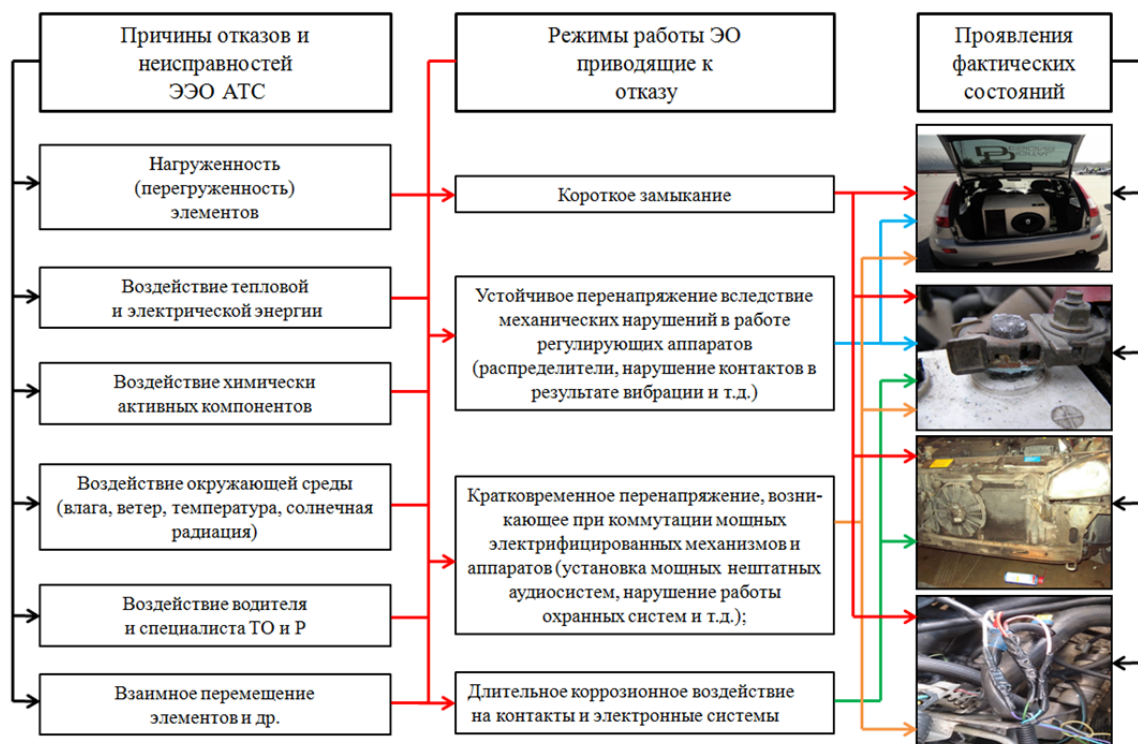


Рисунок 1. Качественная взаимосвязь причин отказов и режимов работ элементов электрооборудования АТС

Для определения потенциала работоспособности заложен следующий основной принцип. Во многих случаях выходной параметр объекта зависит от нескольких факторов $X_1, X_2, \dots, X_i$, которые могут иметь различные законы изменения во времени. В нашем случае, систему параметров внутренних факторов определяют температура, электрическое сопротивление и другие показатели работы ЭЭО, а систему параметров внешних факторов, влияющих на техническое состояние ЭЭО, определяют дорожные условия, окружающая среда, квалификация водителя, качество ТО и Р и другие факторы. Следовательно, выражение для определения Pr ЭЭО имеет вид:

$$Pr = f(X_1; X_2; \dots; X_i), \quad (2)$$

где X_i – показатели входных параметров;

$f(\dots)$ – функция изменения входных параметров внутренних факторов под воздействием внешних факторов.

Тогда, учитывая наработку на отказ ЭЭО АТС, а также то, что существует риск возникновения критических условий, когда предельные показатели температуры или сопротивления могут привести к внезапному отказу, формула для определения Pr принимает следующий вид:

$$Pr = f(L) \cdot K_{Ti} \cdot K_{Ri}, \quad (3)$$

где $f(L)$ – функция изменения числа неисправных АТС по причине отказа ЭЭО от наработки;

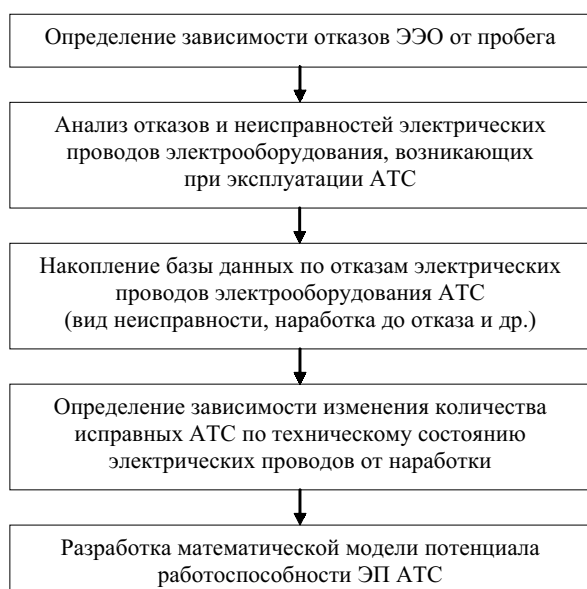


Рисунок 2. Блок-схема определения потенциала работоспособности элементов электрооборудования АТС

K_{Ti} – двоичный коэффициент, учитывающий внезапные, случайные отказы ЭЭО, возникшие вследствие достижения критического значения температуры;

K_{Ri} – двоичный коэффициент, учитывающий внезапные, случайные отказы ЭЭО, возникшие вследствие достижения критического значения сопротивления.

Использование метода определения периодичности по допустимому уровню безотказности основывается на выборе рациональной периодичности, при которой вероятность отказа F элемента не превышает заранее заданной величины 1, называемой риском. При этом, уровень риска характеризуется не только числом отказов, но и числом аварий по причине технической неисправности данного элемента [4].

Вероятность безотказной работы имеет вид:

$$P_d(x_i \geq L_{TO}) \geq R_d = \gamma, \text{ т.е. } L_{TO} = x_\gamma; \quad (4)$$

$$P_d(Pr \geq Pr_{пред}) \geq R_d, \text{ т.е. } L_{TO} = L_{Pr_{пред}}, \quad (5)$$

где x_i – наработка на отказ;

$Pr_{пред}$ – предельное значение Pr ;

R_d – риск возникновения отказа,

$$R_d = \gamma = 1 - F;$$

L_{TO} – периодичность ТО;

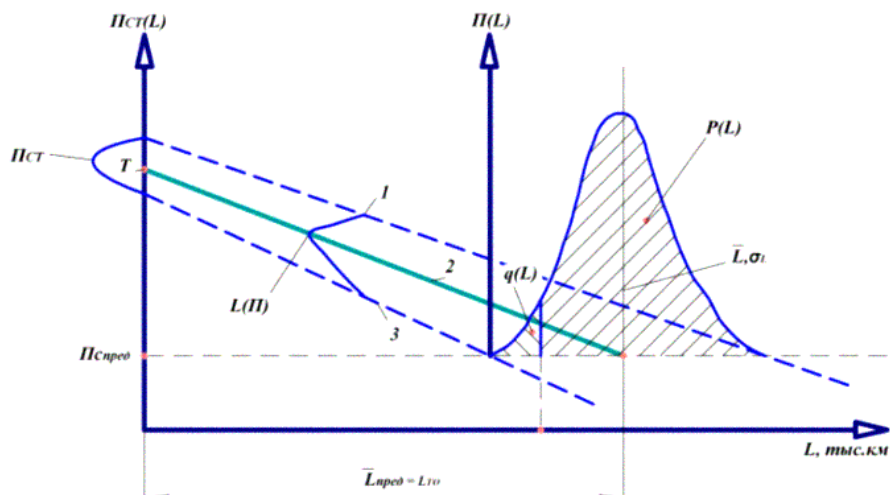
$L_{Pr_{пред}}$ – наработка при предельном значении Pr

Условия выбора рациональной периодичности ТО ЭЭО от наработки автомобиля имеет вид:

$$L_{Pr_{пред}} - (0,1 \cdot L_{Pr_{пред}}) \leq L_{TO} \leq L_{Pr_{пред}} + (0,1 \cdot L_{Pr_{пред}}), \text{ при } L_{TO} \rightarrow L_{TO}^p \quad (6)$$

В графическом виде общая закономерность изменения технического состояния ЭЭО в зависимости от наработки автомобиля отражена на рисунке 3.

Основанием для построения общей закономерности изменения параметра технического состояния Pr от наработки является то, что в процессе старения техническое состояние элементов электрооборудования зависит от значительного числа факторов. Причем, характер изменения Pr по нисходящей линии показывает ухудшение технического состояния в определенном коридоре, условно обозначенном прерывистыми линиями 1 и 3. Коридор определяет нижние и



1, 3 – границы единичных реализаций изменения Pr ЭЭО от наработки автомобиля; 2 – функция изменения математического ожидания Pr ЭЭО автомобилей; σ_L – среднее квадратичное отклонение наработки при предельных значениях ЭЭО; $L(Pr)$ – математическое ожидание наработки ЭЭО

Рисунок 3. Общая закономерность изменения параметра технического состояния ЭЭО от наработки автомобиля

верхние границы изменения Pr , а линия 2 построенная на показателях $\bar{Pr}$, характеризует общее изменение параметра для массива однородных элементов. Значение $Pr_{пред}$ представляет собой предельное значение Pr с допустимым уровнем риска, при достижении которого необходимо проведение профилактического воздействия, т. е. ТО. Определение $Pr_{пред}$ и установление закономерности изменения обобщающего параметра Pr от наработки позволяет установить периодичность ТО конкретного ЭЭО.

В сложившейся ситуации для каждого конкретного элемента электрооборудования необходимо провести исследование фактической наработки до отказа и установить критериальные показатели для постановки на техническое обслуживание. На примере эксплуатационных показателей стартера автомобилей модельного ряда «Лада-Калина» была проанализирована статистика по отказам и произведена проверка массива данных по условиям, определяющим параметры закона распределения. В результате установлено, что экспери-

ментальные данные по отказам стартеров автомобилей модельного ряда «Лада-Калина» подчиняются условиям нормального распределения и могут быть использованы для дальнейшей обработки.

На основании полученных результатов построена закономерность изменения потенциала работоспособности Pr от наработки и определено предельное значение этого показателя, формирующего периодичность работ по ТО непосредственно для стартера, представленное на рисунке 4.

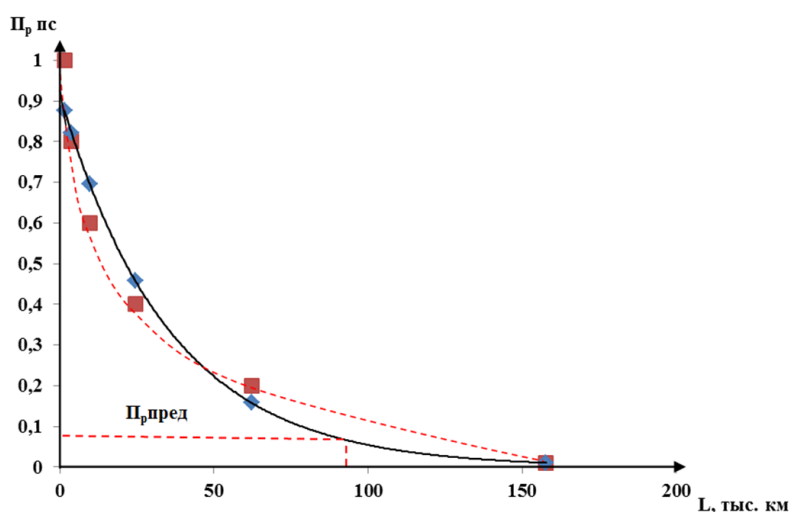


Рисунок 4. Зависимость изменения значения Pr стартеров автомобилей модельного ряда «Лада-Калина» от наработки

Таблица 1. Рекомендованная периодичность ТО для электрооборудования автомобилей модельного ряда «Лада-Калина»

Наименование операции	Пробег автомобиля, тыс. км							
	3	15	30	45	60	75	90	105
Электрооборудование								
1. Проверка отсутствия следов замыканий и видимых повреждений изоляции проводов	+	+	+	+	+	+	+	+
1.1. Проверка состояния коробки предохранителей	–	+	+	+	+	+	+	+
1.2. Проверка состояния ВП	–	–	–	+	–	–	+	–
1.3. Проверка состояния ПГ	–	–	–	–	–	–	–	+
1.4. Проверка состояния ПРУ	–	–	–	–	+	–	–	–
1.5. Проверка состояния ПФБС	–	–	–	–	–	+	–	–
1.6. Проверка состояния ПС	–	–	–	–	–	–	+	–
2. Проверка работоспособности элементов электрооборудования: генератора, отопителя, обогрева заднего стекла, регулятора направления пучков света фар, электроприводов стеклоподъемников и электроблокировки замков	+	+	+	+	+	+	+	+
3. Проверка состояния и регулировка натяжения ремня привода генератора	+	+	+	+	+	+	+	+
4. Замена ремня привода генератора	–	–	–	–	–	+	–	–
5. Проверка уровня и плотности электролита обслуживаемой аккумуляторной батареи	–	+	+	+	+	+	+	+
6. Проверка надежности крепления клемм проводов аккумуляторной батареи; зачистка клемм проводов и выводов батареи нанесение на них смазки	–	–	+	–	+	–	+	–
7. Зачистка коллектора стартера, проверка износа и прилегания щеток щеточного узла, очистка и смазка деталей привода стартера	–	–	–	+	–	–	+	–
8. Регулировка направления пучков света фар	+	+	+	+	+	+	+	+

Таким образом, показатель потенциала работоспособности для проводов стартера может быть представлен следующей зависимостью:

$$Pr_{(ПС)} = 0,9153e^{-0,028L},$$

где L – наработка до отказа, тыс.км.

Предельное значение потенциала работоспособности стартера определяется равным $L_{Прпред} = 0,09$, а соответствующее расчетное значение периодичности обслуживания соответствует 91000 км и принимается с учетом корректирования регламента $L_{ТО}$, установленного заводом – изготовителем, как 90000 км.

Одним из предлагаемых мероприятий для снижения вероятности возникновения отказов ЭЭО автомобилей являются контрольно-профилактические мероприятия, в основе которых определяется своевременное и качественное ТО.

С учетом полученных результатов нами предлагается ввести в качестве мероприятий в

регламентированный заводом-изготовителем перечень работ по ТО дополнительные операции по проверке и обслуживанию ранее выбранных элементов электрооборудования, которые выделены в таблице 1.

Таким образом, на основе результатов статистической обработки массива данных по отказам ЭЭО автомобилей были определены закономерности изменения потенциала работоспособности $\dot{I} \delta$ от наработки и рассчитаны предельные значения этого показателя, на основании которых сформированы регламентные профилактические работы по обслуживанию и установлены периодичности ТО конкретных элементов, что позволит снизить вероятность возникновения внезапных отказов, обеспечить поддержание в технически исправном состоянии электрооборудование, а также повысить уровень эксплуатационной безопасности.

14.06.2014

Список литературы:

1. Бондаренко, Е.В. О взаимосвязи противопожарной безопасности и параметров автомобилей технического состояния автомобилей / Е.В. Бондаренко, Р.Х. Хасанов, Е.С. Сидорин, В.С. Голованов // Мир транспорта и технологических машин, 2011. – №4 (35). – С. 73–80.

2. Бондаренко, Е.В. Обеспечение безопасности автотранспортных средств с учетом технического состояния элементов электрооборудования / Е.В. Бондаренко, Р.Х. Хасанов, Е.С. Сидорин, В.С. Голованов // Мир транспорта и технологических машин, 2012. – №2 (37). – С. 96–100.
3. Павлов, А.П. Теория потенциала работоспособности и ремонтного резервирования надежности стареющих технических систем / А.П. Павлов [и др.]. – М.: МАДИ, 2013. – 104 с.
4. Сидорин, Е.С. Значимость надлежащего технического обслуживания электрооборудования для безопасности АТС / Е.С. Сидорин, Р.Х. Хасанов, В.С. Голованов // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем: материалы пятой Международной научно-практической конференции, 17–18 мая 2013 г. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – С. 243–248.
5. Сидорин, Е.С. О влиянии технического обслуживания электрооборудования автомобилей на эксплуатационную безопасность / Е.С. Сидорин, Р.Х. Хасанов, В.С. Голованов // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей (с междунар. участием). – Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 114–118.
6. Хасанов, Р.Х. Обоснование выбора организационно-технических мероприятий для элементов электрооборудования легкового автомобиля / Р.Х. Хасанов, Е.С. Сидорин, В.С. Голованов // Организация и безопасность дорожного движения: материалы шестой Всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С. 190–195.
7. Хасанов, Р.Х. Исследование эксплуатационной безопасности автотранспортных средств при проведении технического обслуживания электрооборудования / Р.Х. Хасанов, В.С. Голованов, Е.С. Сидорин // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем: материалы пятой Международной научно-практической конференции. – Челябинск: ЮУрГУ, 2013. – С. 260–263.
8. Хасанов, Р.Х. О показателях технического состояния электрооборудования автомобилей / Р.Х. Хасанов, В.С. Голованов, Е.С. Сидорин // Materialy IX mezinarodni vedecko – prakticka konference «Zpravy vedecke ideje – 2013». – Dil 24. Technicke vedy: Praha – P. 88–94.
9. Хасанов, Р.Х. О роли технического состояния электрооборудования в безопасности автотранспортных средств / Р.Х. Хасанов, Е.С. Сидорин, В.С. Голованов, И.Р. Хамматов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: материалы седьмой междунар. науч.-техн. конф, 16-18 мая 2012 г. – Пенза: ПГУАС, 2012. – С. 380–384.

Сведения об авторах:

Хасанов Рустем Халилович, доцент кафедры автомобилей и безопасности движения транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент, e-mail: hasanov_r@mail.ru

Сидорин Евгений Сергеевич, аспирант кафедры автомобилей и безопасности движения транспортного факультета Оренбургского государственного университета, e-mail: xxxa7@mail.ru
460000, г. Оренбург, пр-т Победы, ауд. 10202, тел. (3532) 91-22-28

Ковриков Иван Тимофеевич, профессор кафедры машин и аппаратов химических и пищевых производств факультета прикладной биотехнологии и инженерии Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор
460000, г. Оренбург, пр-т Победы, ауд. 31136, тел. (3532) 37-24-64