Оригинальная статья / Original article
УДК 621.3
http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2017-11-199-208

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

© Л.О. Савин[1]
Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации,
Российская Федерация, 302034, г. Орёл, ул. Приборостроительная, 35.

РЕЗЮМЕ. ЦЕЛЬ. В процессе эксплуатации автомобильной техники (АТ) в различных условиях (дорожные, природно-климатические и транспортные) происходит ускоренный временный дрейф (постепенное изменение) значений ряда контролируемых параметров АТ, что в конечном итоге приводит к возникновению преждевременного отказа АТ. Поэтому для решения основных задач технической эксплуатации АТ необходимо изучение закономерностей изменения технического состояния автомобиля (агрегатов, узлов, механизмов) под влиянием различных факторов для формирования показателей эффективности и обоснования возможности использования гибкой стратегии технического обслуживания. **МЕТОДЫ.** В работе проанализированы и описаны применяемые в настоящее время стратегии определения периодичности технического обслуживания (ТО). **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.** Результатами работы являются аналитические выражения для формирования показателя эффективности функционирования АТ. Представлен алгоритм определения оптимального периода ТО АТ и алгоритм управления параметрами ТО АТ. **ВЫВОДЫ.** Под воздействием различных условий эксплуатации АТ происходит старение материалов, что ведет к износу узлов, агрегатов АТ и в конечном итоге к их преждевременному выходу из строя. На основе прогнозирования закономерностей временного дрейфа могут быть получены аналитические выражения для наиболее полных (вероятностных) показателей надежности автомобилей – плотности распределения времени достижения параметрами своих предельно допустимых (граничных) значений и вероятности безотказной работы на заданном интервале времени. Указанные зависимости в свою очередь могут быть использованы при формировании показателей эффективности функционирования, обусловленных периодичностью проведения обслуживания (показателя готовности и затрат на эксплуатацию), а также для обоснования оптимальной периодичности ТО АТ.

Ключевые слова: временный дрейф, техническое состояние автомобиля, параметры автомобильной техники, надежность автотранспортных средств, показатель эффективности функционирования, гибкая стратегия технического обслуживания.

Формат цитирования: Савин Л.О. Разработка алгоритмов управления параметрами технического обслуживания автомобильной техники при ее эксплуатации в особых условиях // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 11. С. 199–208. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-11-199-208

DEVELOPMENT OF CONTROL ALGORITHMS FOR MOTOR VEHICLE MAINTENANCE PARAMETERS UNDER OPERATION IN SPECIAL CONDITIONS

L.O. Savin
Academy of the Federal security service of the Russian Federation,
35 Priborostroitelnaya St., Orel 302034, Russian Federation.

ABSTRACT. PURPOSE. There is an accelerated temporal drift (gradual change) of values of the number of controlled parameters of the automotive vehicles when they are operated in different conditions including road, natural and climatic, transport conditions. This, eventually, results in the premature failure of the vehicle. Therefore, to solve the main tasks of vehicle maintenance it is necessary to study the patterns of vehicle technical condition alteration (including that of major components, assemblies and mechanisms) under the influence of various factors in order to identify the efficiency indicators and justify the application possibility of the flexible maintenance strategy. **METHODS.** The paper analyzes and describes the strategies that are used today for maintenance interval determination. **RESULTS AND THEIR DISCUSSION.** The results of the work are analytical expressions for the formation of vehicle performance efficiency indicator. The algorithm of vehicle maintenance optimal period determination and the control algorithm of vehicle maintenance parameters are presented. **CONCLUSIONS**. Various operating conditions of vehicles have a significant impact on materials aging that leads to the wear of vehicle main components and assemblies and finally causes their premature failure. Prediction of temporal drift patterns allows to obtain analytical expressions for the most complete (probabilistic) indices of vehicle

[1]Савин Леонид Олегович, начальник группы, e-mail: leonidys77@yandex.ru
Leonid O. Savin, Team chief, e-mail: leonidys77@yandex.ru

reliability: these are the distribution densities of parameter limit (boundary) value achievement time and the probabilities of failure-free operation for a specified interval of time. These dependencies can be used in the formation of performance efficiency indicators depending on the maintenance interval (readiness index and operation costs), as well as for the justification of optimal maintenance intervals of motor vehicles.
Keywords: temporal drift, vehicle technical condition, vehicle parameters, vehicle reliability, performance indicator, flexible maintenance strategy

For citation: Savin L.O. Development of control algorithms for motor vehicle maintenance parameters under operation in special conditions. Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2017, vol. 21, no. 11, pp. 199–208. (In Russian) DOI: 10.21285/1814-3520-2017-11-199-208

Введение

В современных условиях автомобильный транспорт является важнейшей составляющей транспортной системы РФ. При этом очевидно, что при использовании автомобильной техники (АТ) большое значение имеют условия ее эксплуатации (дорожные, природно-климатические и транспортные). Это связано с тем, что на техническое состояние АТ оказывают влияние: температура, влажность и запыленность воздуха, интенсивность атмосферных осадков, ветровая нагрузка, солнечная радиация, сезонные колебания условий эксплуатации, агрессивность окружающей среды, а также интенсивность движения, рельеф местности, особенности перевозимого груза, порядок организации перевозок и т.п.[2]. Поэтому условия применения АТ в различных регионах страны могут существенно отличаться друг от друга, при этом эти условия во многом определяют режимы работы различных систем и агрегатов АТ, оказывая влияние и на надежность АТ в целом. Таким образом, использование АТ в различных (особых) условиях ее эксплуатации приводит к ускоренному временному дрейфу (постепенному изменению) значений ряда контролируемых параметров АТ и в конечном итоге – к возникновению преждевременных отказов АТ. Следовательно, для решения основных задач технической эксплуатации АТ необходимо изучение закономерностей изменения технического состояния автомобиля (агрегата, узла, механизма) под влиянием различных факторов в процессе его эксплуатации. Знание этих закономерностей необходимо для разработки и эффективного применения научно обоснованных методов и нормативов поддержания АТ в технически исправном состоянии, т.е. для управления ее работоспособностью [1].

Многие специалисты (инженеры и исследователи), осознавая эту проблему, предпринимают попытки обосновать периодичность проведения ТО АТ с учетом условий ее эксплуатации и назначить сроки проведения ТО на базе собственного практического опыта, например, путем введения специальных поправочных коэффициентов [1]. Как правило, такому подходу присущи определенная субъективность, а также недостаточная научная обоснованность принятия решений о моментах начала очередного ТО. В большинстве имеющихся по данной теме работ названная проблема рассматривалась, к сожалению, лишь частично, были получены только частные решения данной задачи (для строго определенных типов АТ или же для строго определенных условий ее эксплуатации). При этом зачастую не учитывался вероятностный характер временного дрейфа контролируемых параметров АТ. В связи с этим возникает и является достаточно актуальной задача разработки научно обоснованного подхода к определению оптимального периода ТО АТ, при котором АТ удовлетво-

[2]Кузьмин Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: закономерности изменения работоспособности: учеб. пособие. М.: Форум, 2011. 208 с. / Kuzmin N.A. Technical operation of motor vehicles: alteration regularities of working capacity: Learning aids. Moscow: Forum Publ., 2011. 208 p.

ряла бы всем предъявляемым к ней требованиям по надежности при снижении затрат на эксплуатацию. При этом должны быть учтены условия эксплуатации той или иной группы АТ (дорожные, транспортные и природно-климатические), ее техническое состояние и особенности (закономерности) изменения контролируемых параметров АТ во времени, а также предельно допустимые значения этих параметров.

Найденные оптимальные значения периода ТО АТ могут быть использованы для организации и реализации на практике различных стратегий ТО, под которыми понимается система правил управления техническим состоянием изделия в процессе технического обслуживания. При этом ТО АТ (узлов, агрегатов, механизмов) принято проводить [2]:

– после выхода из строя;

– по регламенту (обслуживание по наработке или календарное обслуживание);

– обслуживание по состоянию, при котором перечень и периодичность выполнения операций определяются фактическим техническим состоянием объекта в момент начала ТО. Этот вид ТО предусматривает оценку срока работоспособности на основе прогноза времени нахождения параметров технического средства в допустимых пределах, определяющих возможность его применения по назначению. Обслуживание по фактическому состоянию относится к так называемой гибкой системе ТО.

В работах Е.Ю. Барзиловича, М.В. Ситчихиной и ряда других авторов показано, что обслуживание по состоянию является наиболее перспективным среди существующих в настоящее время видов ТО[3,4] [3]. Оно позволяет обеспечить требуемую надежность систем (а в ряде случаев и повысить ее) при уменьшении затрат на ТО. Отечественная и зарубежная практика показывает, что затраты на эксплуатацию при этом сокращаются до 30%, а ресурс оборудования по сравнению с календарным принципом обслуживания увеличивается на 35–40% [3].

Обслуживание по состоянию требует периодических измерений значений определенных параметров изделия. Эти измеренные значения являются основой для прогноза технического состояния изделия. На основе прогноза принимается решение об оптимальных сроках проведения ТО и объеме его операций [2].

Таким образом, для повышения эффективности функционирования АТ в различных условиях ее эксплуатации могут быть использованы гибкие стратегии ТО, позволяющие проводить соответствующие профилактические работы с найденной оптимальной периодичностью.

В общем виде существующие методы определения периодичности ТО подразделяются:

– на простейшие (так называемый метод аналогии по прототипу);

– аналитические, основанные на результатах наблюдений;

– имитационные, основанные на моделировании случайных процессов.

Наиболее распространенными среди них являются методы определения по допустимому уровню безотказности, по закономерности изменения параметра технического состояния и его допустимому значению, а также технико-экономический и экономико-вероятностный методы [4].

[3]Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1982. 238 с. / Barzilovich E.Iu. Models of complex system maintenance: Learning aids. Moscow: High school Publ., 1982. 238 p.
[4]Ситчихина М.В. Разработка моделей и программных средств прогнозирования остаточного ресурса оборудования: дис. … канд. техн. наук: 05.13.01. Иркутск, 2003. 130 с. / Sitchikhina M.V. Development of models and software for equipment residual life prediction. Candidate's Dissertation in Technical sciences: 05.13.01. Irkutsk, 2003. 130 p.

Методы исследования

Метод определения периодичности ТО по допустимому уровню безотказности основан на выборе такой рациональной периодичности ТО, при которой вероятность отказа элемента не будет превышать заранее заданной величины [4].

Для агрегатов и механизмов АТ, обеспечивающих безопасность движения, численные значения данного показателя, как правило, принимаются равными 0,9–0,98, а для прочих узлов и агрегатов – 0,85–0,9.

Данный метод целесообразно использовать в следующих случаях:

– при незначительных экономических и других последствиях отказа АТ;

– для массовых объектов, когда влияние каждого из них на надежность изделия в целом невелико (например, для несиловых крепежных деталей);

– при практической невозможности или большой стоимости последовательной фиксации закономерностей изменения параметров технического состояния АТ (электропроводка, транзисторы, гидро- и пневмомагистрали);

– при необходимости минимизировать риски, затраты на которые обеспечиваются экономией по другим статьям (доставка опасных и скоропортящихся грузов, доставка точно в срок, различного рода специальные операции, боевые действия и пр.).

Технико-экономический метод определения периодичности ТО сводится к определению суммарных удельных затрат на ТО и ремонт и их дальнейшей минимизации. Минимальным затратам в данном случае будет соответствовать оптимальная периодичность ТО. К преимуществам метода относятся его простота и универсальность, а также учет экономических последствий принимаемых решений. Недостатками являются отсутствие гарантии определенного уровня безотказности, а также отсутствие учета вариаций (случайности) изменения значений контролируемых параметров АТ во времени. Применение данного метода целесообразно, в первую очередь, для сложных и дорогих систем (элементов, агрегатов), не оказывающих прямого влияния на безопасность (смена масел и смазок, замена фильтров, антикоррозионная защита кузова, а также регулировочные работы – сцепление, газораспределительный механизм и т.п.).

Определение периодичности ТО по закономерности изменения параметра технического состояния и его допустимому значению. Для группы автомобилей (их элементов) изменение параметров технического состояния в зависимости от времени наработки является случайным процессом и может быть графически представлено в виде совокупности случайных функций – реализаций данного случайного процесса. Как отмечалось выше, при использовании данного метода рациональная периодичность ТО АТ определяется при помощи методов вероятностного прогнозирования, позволяющих получать аналитические выражения для плотности распределения времени до отказа АТ и вероятности ее безотказной работы на заданном интервале времени[1,4].

К преимуществам данного метода относятся возможность гарантировать заданный уровень безотказности, а также учет фактического технического состояния и вариации технического состояния АТ (ее элементов).

Недостатками метода являются необходимость получать (или иметь) информацию о закономерностях изменения параметров технического состояния АТ, а также отсутствие прямого учета экономических факторов и последствий от внедрения данной стратегии.

Сферы применения метода[1,4]:

– объекты с явно фиксируемым и монотонным изменением параметров технического состояния (постепенными отказами регулируемых механизмов – например, тормозных систем, сцепления, газораспределительных механизмов и т.п.);

– при реализации стратегии ТО по состоянию.

Экономико-вероятностный метод определения периодичности ТО обобщает предыдущие методы, учитывая при этом как экономические, так и вероятностные факторы, и является наиболее полным и универсальным. К достоинствам экономико-вероятностного метода относятся: более полное использование потенциального ресурса изделия, возможность увеличения периодичности ТО по сравнению с методом по наработке; возможность сокращения средней трудоемкости профилактической операции, так как ее исполнительская часть выполняется по потребности в зависимости от технического состояния АТ. К недостаткам данного метода, ограничивающего область его применения на практике, можно отнести рост стоимости профилактических операций из-за более сложного контрольно-диагностического оборудования, а также необходимость вести сбор, обработку и анализ получаемой в ходе выполнения работ статистической информации [1,4].

К возможным сферам применения экономико-вероятностного метода относятся: определение периодичности ТО дорогостоящих операций, оказывающих существенное влияние на надежность АТ и безопасность ее эксплуатации; экономическая оценка стоимости сокращения риска возникновения отказа АТ; оценка возможности применения предупредительного ремонта (замены) деталей, узлов, агрегатов АТ; определение эффективности использования и сравнения диагностического оборудования; решение иных задач технической эксплуатации АТ [1,4].

При использовании данного метода, как и в предыдущем случае, при помощи вероятностного прогнозирования определяются аналитические выражения для плотности распределения времени до отказа АТ и вероятности ее безотказной работы на заданном интервале времени. Полученные аналитические зависимости используются для формирования частных показателей эффективности функционирования АТ, например, коэффициента ее готовности к использованию по предназначению и средних удельных затрат на эксплуатацию АТ, обусловленных периодичностью проведения ТО АТ. При помощи свертки данных частных показателей эффективности может быть сформирован обобщенный показатель эффективности функционирования АТ, позволяющий найти компромисс между требуемым уровнем надежности АТ и допустимыми затратами на его реализацию при различных значениях периодичности ТО.

Таким образом, в рамках описанного экономико-вероятностного подхода необходимо, в первую очередь, сформировать показатели эффективности функционирования АТ, зависящие от периодичности проведения ТО, а затем определить оптимальную периодичность ТО, при которой достигается компромисс (баланс) между показателями надежности АТ и затратами на ее эксплуатацию.

Результаты исследования

Обоснование показателей эффективности функционирования АТ, зависящих от периодичности проведения ТО, было приведено в работе [2], где в качестве частных показателей эффективности функционирования (ЧПЭФ) АТ были выбраны следующие:

– $K_{\text{пг}}(\tau)$ – показатель готовности АТ, который должен удовлетворять условию $K_{\text{пг}}(\tau) \geq K_{\text{ПГ ЗАД}}$;

– разность между средними относительными непроизводительными затратами на эксплуатацию АТ и их минимальным значением, равным нулю, т.е.

$$C(\tau) - C_{\min} = C(\tau).$$

Очевидно, что первый показатель необходимо свести к максимуму, а второй – к минимуму. Иными словами, критерии оптимальности для введенных ЧПЭФ могут быть представлены следующим образом [2]:

– при постановке и решении прямой задачи – в виде системы

$$\begin{cases} K_{\text{пг}}(\tau_{\text{опт}}) = \sup\limits_{\tau_{\text{опт}} \in T_{\text{с}}} K_{\text{пг}}(\tau), \\ C(\tau) \le C_{\text{доп}} \end{cases}$$

– при обратной задаче:

$$\begin{cases} C(\tau_{\text{опт}}) = \inf\limits_{\tau_{\text{опт}} \in [0; T_{\text{пг}}]} C(\tau), \\ K_{\text{пг доп}}(\tau) \ge K_{\text{пг доп}}, \end{cases}$$

где $C_{\text{доп}}(\tau)$ – допустимое значение затрат на эксплуатацию АТ; $T_{\text{с}}$ – множество возможных значений периодичности проведения ТО, при которых выполняется условие $C(\text{т}) \le C_{\text{доп}}$; $[0; T_{\text{ПГ}}]$ – интервал возможных значений периодичности ТО (область пригодности), формируемый при выполнении условия

$$K_{\text{пг доп}}(\tau) \ge K_{\text{пг зад}}.$$

На основе введенных ЧПЭФ может быть сформирован так называемый обобщенный показатель эффективности функционирования (ОПЭФ). Так, например, свертка методом идеальной точки [2] первого и второго ПЭФ – $КП_{ПГ}$ и C – в ОПЭФ позволяет получить зависимость вида

$$ОПЭФ(\tau) = \sqrt{(1 - K_{\text{ПГ}}(\tau)^2 + C(\tau)^2)}.$$

Перебор всех возможных значений τ позволяет определить момент начала ТО, доставляющий минимум этому выражению, т.е. приводящий к компромиссу между показателем готовности АТ и средними непроизводительными затратами на ее эксплуатацию. В этом случае периодичность проведения ТО АТ $\tau_{опт}$, при которой достигается минимум ОПЭФ – минимум отклонения $КП_{ПГ}$ и C от своих оптимумов, т.е. обеспечивается компромисс между надежностью $К_{ПГ}$ и стоимостью эксплуатации АТ C, также можно считать оптимальной. Это оптимальное значение периодичности проведения ТО, доставляющее минимум ОПЭФ, также может быть определено методом перебора с использованием ЭВМ.

Описанный выше порядок нахождения интервалов времени между очередными сеансами ТО может быть представлен в виде алгоритма определения оптимальной периодичности ТО АТ (рис. 1), а последовательность дальнейших действий по организации гибкой стратегии ТО АТ – в виде алгоритма управления параметрами ТО (рис. 2).

Алгоритм определения оптимального периода ТО АТ позволяет находить интервалы времени между очередными ТО, при которых обеспечивается выполнение заданных требований к надежности и экономичности процесса эксплуатации АТ.

Исходные данные для работы алгоритма включают:

– предельно допустимые значения контролируемых параметров АТ (ее узлов, деталей, агрегатов и механизмов), приведенные в технической документации завода-изготовителя;

– имеющиеся (предварительно полученные) статистические данные о предшествующих значениях контролируемых параметров АТ (при их наличии).

Первый этап определения оптимального периода ТО АТ включает пять основных операций.

1. Ввод исходных данных, т.е. предельно допустимых значений контролируемых параметров АТ и имеющихся статистических данных о предшествующих значениях контролируемых параметров АТ (при их наличии).

2. Сбор данных о временном дрейфе значений контролируемых параметров изделий (узлов, агрегатов, механизмов, деталей АТ), полученных в результате проведения измерений в M моментов времени для N изделий (узлов, агрегатов).

3. Обработка данных и получение выражений (аппроксимационных полиномов) для временного дрейфа параметров

для каждого из *N* изделий.

4. Обоснование (проверка) нормальности закона распределения случайных коэффициентов a_0, a_1 полученных выражений с помощью соответствующих критериев (например, критерия Шапиро – Уилки).

5. Определение параметров распределения случайных коэффициентов a_0 и a_1.

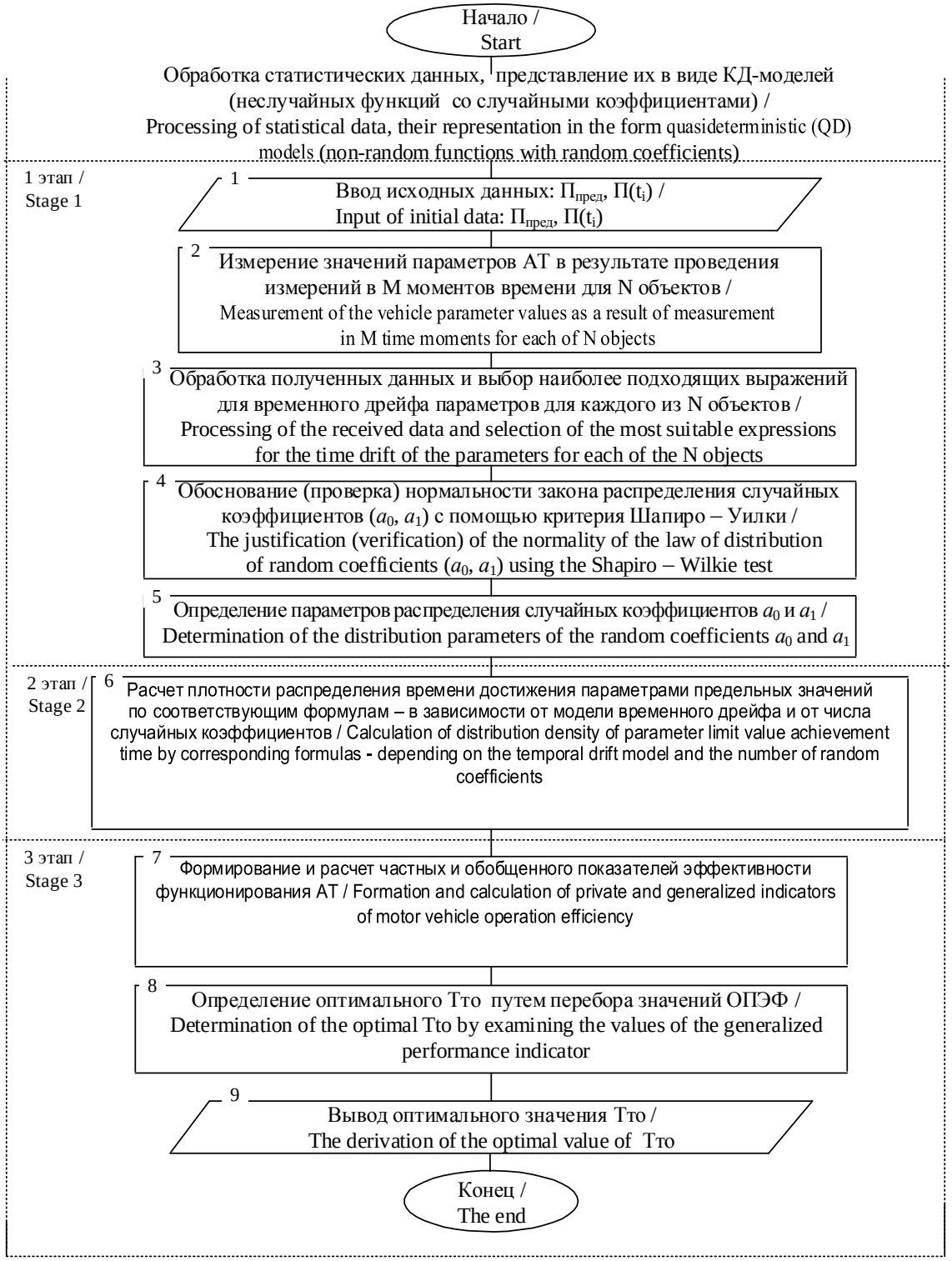

Рис. 1. Алгоритм определения оптимального периода ТО АТ
Fig. 1. Algorithm of vehicle maintenance optimal period determination

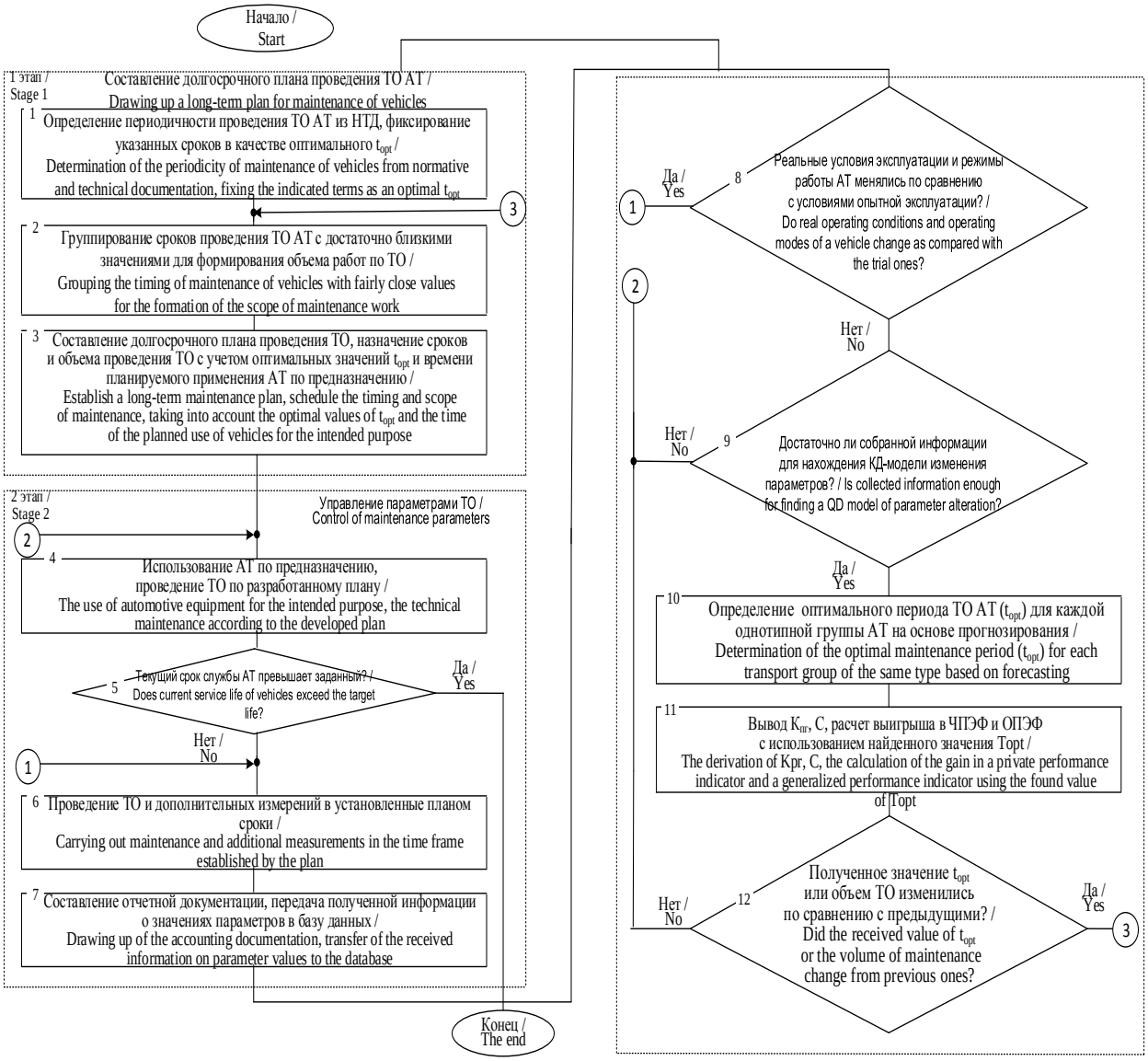

Рис. 2. Алгоритм управления параметрами ТО АТ
Fig. 2. Control algorithm of vehicle maintenance parameters

В результате выполнения первого этапа становится возможным представление законов изменения значений параметров АТ во времени в виде квазидетерминированных (КД) моделей (неслучайных функций со случайными коэффициентами). После определения соответствующей КД-модели, закона и параметров распределения ее случайных коэффициентов осуществляется переход ко *второму этапу* – определению плотности распределения времени (ПРВ) до выхода контролируемых параметров АТ за допустимые пределы в соответствии с подходом, изложенным, например, в работе [2].

Как было отмечено выше, необходимым условием успешного прогнозирования ПРВ является неизменность (идентичность) условий эксплуатации и режима работы АТ на интервалах опытной и реальной эксплуатации. При изменении условий эксплуатации и (или) режима работы АТ по сравнению с условиями интервала опытной эксплуатации необходим возврат к сбору и обработке статистических данных (первый этап), т.е. коррекция алгоритма.

На основе полученной ПРВ осуществляется формирование и расчет показателей эффективности функционирования АТ – *третий этап*. Поиск оптимального периода ТО АТ производится методом перебора значений $C(\tau)$ на интервале пригодности. При оптимальном значении периодичности ТО АТ обеспечивается либо максимальное значение показателя готовности АТ при выполнении установленных экономических ограничений по затратам, либо заранее заданное значение показателя готовности АТ при минимально возможных при этом затратах на ее эксплуатацию.

Предлагаемый алгоритм управления параметрами ТО АТ (см. рис. 2) позволяет организовать гибкую стратегию ТО, которая, как отмечено выше, является одним из возможных путей повышения надежности АТ при снижении затрат на ее эксплуатацию в особых условиях.

На *первом этапе* управления параметрами ТО АТ (периодичностью и объемом) составляется долгосрочный (предварительный) план проведения ТО. Эта процедура включает:

– определение периодичности проведения ТО (из нормативно-технической документации (НДТ), рекомендаций соответствующих организаций, указаний руководящих органов и т.д.);

– фиксирование указанных сроков в качестве предварительных оценок оптимальных значений ТО АТ τ_{opt};

– группирование сроков проведения ТО АТ и их элементов с достаточно близкими значениями для формирования объема работ по ТО;

– составление долгосрочного плана проведения ТО (назначение сроков и объема ТО с учетом полученных оптимальных значений периодичности ТО и времени планируемого применения АТ по назначению, а при необходимости – составление плана дополнительных измерений значений АТ для сбора статистических данных и коррекция разработанного плана проведения ТО с учетом плана проведения дополнительных измерений).

На *втором этапе* осуществляется использование АТ по предназначению, при этом в установленные планом сроки происходит проведение ТО и дополнительное измерение параметров АТ, а данные проведенных измерений заносятся в базу данных. Далее выполняется проверка условия достаточности собранной статистической информации для определения вида и параметров КД-модели изменения параметров во времени. При невыполнении условия достаточности собранной статистической информации продолжается эксплуатация АТ по жесткой стратегии ТО, а при его выполнении происходит определение оптимальной периодичности ТО АТ в соответствии с описанным выше алгоритмом определения оптимального периода ТО, а затем – расчет полученного выигрыша в надежности АТ или затратах на ее эксплуатацию (ЧПЭФ, ОПЭФ). В результате определяется оптимальное значение периода ТО АТ τ_{opt} и производится его сравнение с предыдущим значением периодичности, полученным на первом этапе. Если полученное значение τ_{opt} изменилось, то оно используется при новом группировании сроков проведения ТО АТ с достаточно близкими значениями. Перегруппирование сроков проведения ТО АТ для формирования объема работ по ТО производится и при изменении объема ТО АТ. Работа заканчивается при достижении АТ предельно допустимого срока службы.

Выводы

Таким образом, различные условия эксплуатации АТ оказывают существенное влияние на их надежность, приводят к сокращению сроков службы, вызванному старением материалов, а также ускоренным износом и преждевременным выходом из строя узлов и агрегатов АТ. Очевидно, что такие преждевременные отказы АТ обусловлены более ранним достижением параметрами узлов и агрегатов АТ своих пре-

дельно допустимых (нормированных) значений. Для предотвращения отказов необходимо постоянно поддерживать параметры АТ в заданных (установленных нормативно-технической документацией) пределах. Эта задача может быть решена путем организации гибкой стратегии ТО АТ с оптимальной по заданным критериям периодичностью, обеспечивающей поддержание нужных параметров в пределах нормы в течение заданного срока службы в условиях воздействия случайных внешних факторов, начальных значений этих параметров и их изменений во времени. Решение данной задачи на практике достигается путем регулировки требуемых параметров АТ (при необходимости – путем замены ее отдельных узлов), т.е. путем организации технического обслуживания АТ. В этой связи необходимо отметить, что важность и актуальность обоснования оптимальных значений периодичности проведения ТО АТ, при которых обеспечивалось бы выполнение предъявляемых к АТ требований по надежности при снижении затрат на ее эксплуатацию, с учетом различных условий ее эксплуатации, представляется несомненной.

Библиографический список

1. Коберси И.С., Крамаренко Е.Р., Шкуркин Д.В., Денисова Г.В., Финаев В.И. Определение периодичности технического обслуживания автомобилей [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2015. Ч. 2. № 2. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3075 (15.06.2015).
2. Савин Л.О., Королев М.В., Носов М.В. Анализ определяющих параметров и возможностей использования гибких стратегий технического обслуживания для повышения надежности автомобильной техники при ее эксплуатации в особых условиях // Научный результат. Серия: Информационные технологии. 2017. Т. 2. № 2. С. 9–20.
3. Ясенков Е.П. Предпосылки для разработки методики планирования оптимальных режимов технического обслуживания автомобилей // Лесной вестник. 2006. № 6 (48). С 110–112.
4. Хасанов Р. Х., Сидорин Е.С., Ковриков И.Т. Определение периодичности технического обслуживания элементов электрооборудования автомобилей // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 10 (171). С. 188–193.

References

1. Kobersi I.S., Kramarenko E.R., Shkurkin D.V., Denisova G.V., Finaev V.I. Determining vehicle maintenance frequency. Online journal “Engineering Journal of Don”. 2017, vol. 2, no. 2. Available at: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3075 (accessed 15 June 2017).
2. Savin L.O., Korolev M.V., Nosov M.V. Analysis of influential parameters and the possibilities of using flexible maintenance strategies to improve reliability of automotive vehicles during its operation in special conditions. *Nauchnyi rezul'tat. Seriya: Informatsionnye tekhnologii* [Research result. Series: Information technology]. 2017, vol. 2, no. 2, pp. 9–20. (In Russian)
3. Yasenkov E.P. Prerequisites of vehicle maintenance optimal mode planning method development. *Lesnoi vestnik* [Forestry Bulletin]. 2006, no. 6 (48), pp. 110–112. (In Russian)
4. Khasanov R.Kh., Sidorin E.S., Kovrikov I.T. Justification of maintenance frequency of cars electric equipment elements. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of the Orenburg State University]. 2014, no. 10 (171), pp. 188–193. (In Russian)

Критерии авторства

Савин Л.О. провел исследование, оформил статью для публикации и несет полную ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Savin L.O. conducted the research, formalized the article for publication and bears the complete responsibility for plagiarism

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interests.

Статья поступила 23.10.2017 г.

The article was received 23 October 2017