

УДК 629.113

UDC 629.113

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА АВТОМОБИЛЯ**MATH DESCRIPTION OF THE PROCESS OF THE AUTOMOBILE DIAGNOSING PARAMETER CHANGE**

Кокорев Геннадий Дмитриевич

Kokorev Gennady Dmitrievich

д.т.н., доцент

Dr.Sci.Tech., assistant professor

РИНЦ SPIN-код=9173-7360

RSCI SPIN-code=9173-7360

*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия**Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

В статье указана важность математического описания, обоснование функции, учитывающей процесс изменения параметра при разработке методики диагностирования автомобиля. Отмечено, что от выбора аппроксимирующей функции в конечном итоге зависят погрешность и трудоемкость прогнозирования. Неправильный выбор функции может свести на нет все усилия по управлению безотказностью и другими показателями элементов машин. Представлены требования, которые могут быть предъявлены к математическому описанию, обоснованию функции изменения параметра. На основании анализа факторов, влияющих на процесс изменения параметров, а так же требований, предъявляемых к математическому описанию этого процесса, сделаны замечания о том, что изменение (приращение) параметра состояния необходимо аппроксимировать случайной упорядоченной функцией с возрастающими реализациями; реализацию изменения параметра можно рассматривать как строго, так и не строго монотонную функцию в диапазоне от нуля до предельного изменения параметра. Отмечено, что приведенные ранее рассуждения с учетом двух групп факторов позволяют исследовать изменение параметра в тот или иной момент наработки как сумму двух случайных величин. Сделан вывод о том, что связь между скоростью изменения параметра (например, скоростью изнашивания детали) и показателями свойств материала и условиями работы (твердость поверхности металла, удельная нагрузка на поверхность детали, ее относительная скорость движения) обычно выражают функциональной, детерминированной зависимостью, полученной в результате лабораторных испытаний или теоретических исследований. В заключение отмечено, что анализ результатов математического описания процесса изменения параметра показывает, что они достаточно полно удовлетворяют сформулированным в начале статьи требованиям

The article shows the importance of math description and grounding the function taking into account the process of changing the parameter when developing the methodology of automobile diagnosing. It is pointed out that after all the prediction error and effort depend on the choice of approximating function. The wrong choice of the function can bring to naught all the efforts to manage safety margin and other parameters of cars elements. One can find the requirements to math description and grounding the function of the parameter change. Based on the analysis of factors influencing the process of parameters change and requirements to math description of this process we have noticed that it is necessary to approximate the change (increase) of the state variable by the chance ordered function with increasing realizations. One can consider the parameter change realization both strictly and not as a monotone function ranging from zero to the limit change of the parameter. We have mentioned that the fore-quoted reasoning with the account of two groups of factors make possible to investigate the parameter change at this or that moment of work as a sum of two random values. We have made a conclusion that they usually express the link between the change rate (for instance, detail wear rate) and the readings of the material properties and functioning conditions (metal skin hardness, unit loading on the detail surface, its relative rate of movement) by the functional determined dependence got as a result of lab tests or theoretical study. In the conclusion, one can see that the analysis of the results of math description of the process of the parameter change is sufficient enough

Ключевые слова: АВТОМОБИЛИ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ, МЕТОДИКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, АППРОКСИМИРУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ, ФУНКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРА, СКОРОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРА, ФАКТИЧЕСКОЕ

Keywords: AUTOMOBILES, MATH DESCRIPTION, DIAGNOSTICS METHODOLOGY, DIAGNOSTICS METHODS, APPROXIMATING FUNCTION, PARAMETER CHANGE FUNCTION, RATE OF PARAMETER CHANGE, FACTUAL INCREMENT OF PARAMETER, THEORETICAL

ПРИРАЩЕНИЕ ПАРАМЕТРА, ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРА, ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ ВОЗРАСТАЮЩАЯ ФУНКЦИЯ, ПРОСТАЯ ФУНКЦИЯ, БАЗОВАЯ ФУНКЦИЯ, МЕТОД СЛУЧАЙНОГО КОЭФФИЦИЕНТА

CHANGE OF PARAMETER, DETERMINED INCREASING FUNCTION, SIMPLE FUNCTION, BASIC FUNCTION, METHOD OF STOCHASTIC COEFFICIENT

Один из подходов позволяющих повысить эффективность технической эксплуатации автомобилей, является подход, основанный на рассмотрении технической эксплуатации как сложной организационно-производственной системы и применения к ней методов исследования и совершенствования сложных систем [6, 7, 8, 9, 11,12, 16,20, 21,22].

В то же время, для понимания состояния системы технической эксплуатации необходим оперативный контроль технического состояния как автомобиля в целом, так и его узлов и агрегатов, который возможен на основе применения технического диагностирования [1, 2, 3, 4, 5,10, 12, 14, 23, 24].

Параметры технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации изменяются со временем и необходим математический аппарат, позволяющий описать процесс изменения указанных параметров [15, 20, 21,22].

Математическое описание, обоснование функции, учитывающей процесс изменения параметра, является весьма важным моментом при разработке методики диагностирования, а в частности методов прогнозирования состояния элементов. От выбора аппроксимирующей функции в конечном итоге зависят погрешность и трудоемкость прогнозирования. Неправильный выбор функции может свести на нет все усилия по управлению безотказностью и другими показателями элементов машин [12, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25].

Требования, которые могут быть предъявлены к математическому описанию, обоснованию функции изменения параметра, в основном, сводятся к следующему. Функция должна: учитывать физическую картину

изменения параметра, в частности внешние и внутренние факторы, случайную величину скорости и характер изменения параметра, межконтрольную наработку и др.; быть возрастающей, отражать интегральный характер изменения параметра состояния элемента в зависимости от наработки; быть универсальной, характеризующей линейную, степенную, экспоненциальную и другие зависимости изменения параметра от наработки; содержать небольшое число коэффициентов, что облегчает прогнозирование, обеспечивает возможность составления простых номограмм, таблиц, а также использование простых формул [6, 15, 20, 21, 22].

На основании анализа факторов, влияющих на процесс изменения параметров, а так же требований, предъявляемых к математическому описанию этого процесса, представляется возможным сделать некоторые общие замечания. Во-первых, изменение (приращение) параметра состояния необходимо аппроксимировать случайной упорядоченной функцией с возрастающими реализациями. Реализацию изменения параметра можно рассматривать как строго, так и нестрого монотонную функцию в диапазоне от нуля до предельного изменения параметра.

Приведенные ранее рассуждения с учетом двух групп факторов позволяют исследовать изменение параметра в тот или иной момент наработки как сумму двух случайных величин:

$$U_{об} = U + Z, \quad (1)$$

где $U_{об}$ - фактическое приращение параметра (существенно положительная непрерывная случайная величина);

U - теоретическое изменение параметра под влиянием внутренних, заводских факторов (существенно положительная непрерывная случайная величина);

Z - отклонение величины U под воздействием внешних эксплуатационных факторов (непрерывная случайная величина).

Величина U формирует распределение изменения параметра в фиксированные моменты наработки по усредненным результатам работы элемента, характеризующим среднюю эксплуатационную нагрузку. Величина Z формирует распределение отклонения фактического изменения параметра от усредняющей кривой.

Средние величины $U_{об}$ всех подвергнутых испытанию элементов, полученные по результатам первого, второго и т.д. измерений, образуют на графике ряд экспериментальных точек. Построенная по этим точкам с помощью метода наименьших квадратов плавная теоретическая кривая выражает характер того или иного процесса, изменения параметра совокупности элементов по их работе с усредненной эксплуатационной нагрузкой. Значение кривой в той или иной точке соответствует среднему значению случайной величины $U(t)$. Отклонение экспериментальной точки от теоретической кривой будет равно средней величине Z , стремящейся при увеличении числа испытываемых элементов или времени работы одного элемента к нулю.

Рассмотрим фактическое изменение параметра состояния совокупности элементов как случайную функцию $U(t)$. В общем виде она представляет собой довольно сложный математический объект. Разложим ее на элементарные случайные функции, используя идею канонического разложения [6, 15, 21, 22]:

$$U(t) = f_0(t) + \sum_{i=1}^n V_i f_i(t), \quad (2)$$

где $f_0(t)$ - математическое ожидание случайной функции;

V_i - i - коэффициент разложения; $f_i(t)$ - координатная i - ая функция.

В нашем случае в качестве коэффициентов разложения используем случайные величины U^0 (центрированная величина U) и Z в первона-

чальный момент наработки. При этом координатными функциями окажутся детерминированные функции, характеризующие изменение величины U^0 и Z в зависимости от наработки t . Тогда вместо уравнения (2) можно записать в момент t случайную величину:

$$U(t) = f_0(t) + V_c^0 f(t) + V_t' f_1(t), \quad (3)$$

$$M[V_c^0] = M[V_t'] = 0, \quad M[V_c^0 V_t'] = 0$$

где $f(t)$ и $f_1(t)$ - детерминированные функции, характеризующие зависимость U^0 и значение Z от наработки;

V_c^0 - центрированная случайная величина изменения параметра за единицу наработки $t=1,0$ под влиянием внутренних (заводских) факторов;

V_t' - центрированная случайная величина в момент t отклонения Z на единицу изменения параметра под влиянием внешних (эксплуатационных) факторов.

Некоррелированные в силу физической природы возникновения случайные величины V_c^0 и V_t' можно интерпретировать соответственно как скорость изменения параметра и скорость отклонения. Причем если V_c^0 для конкретного элемента есть величина постоянная, а для совокупности элементов – случайная, то величина V_t' для конкретного элемента может принимать различные значения. В этой связи V_t' следует рассматривать во времени как случайный стационарный процесс с нулевым математическим ожиданием и независимыми случайными величинами в сечениях.

Первая детерминированная возрастающая функция может быть определена из выражения:

$$f(t) = \frac{f_0(t)}{m_V} = \frac{f_0(t)}{f_0(t=1,0)}, \quad (4)$$

где m_V - математическое ожидание нецентрированной случайной величины U при $t=1,0$.

По аналогии получим:

$$f_1(t) = \frac{z_{cp}(t)}{z_{cp}(\Delta U(t)=1,0)}, \quad (5)$$

где $z_{cp}(t)$, $z_{cp}(\Delta U(t)=1,0)$ - средние значения величины Z в зависимости от наработки и при $\Delta U(t)=1,0$.

Учитывая уравнение (4), можно записать случайную величину изменения параметра в момент времени t в более простом виде, сложив первые два слагаемых и выразив нецентрированную величину скорости изменения параметра как $V_c = m_V + V_c^0$:

$$U(t) = V_c f(t) + V_t' f_1(t). \quad (6)$$

Величина V_c имеет размерность – (единица измерения параметра/единица наработки), величина V_t' в момент t размерности не имеет, когда размерность у детерминированных $f(t)$ и $f_1(t)$ соответственно единица наработки и единица параметра. Первое слагаемое выражения (6) характеризует изменение параметра под влиянием внутренних (заводских), а второе – внешних (эксплуатационных) факторов.

$$U(t) = V_c f(t), \quad (7)$$

Первое слагаемое представляет собой элементарную случайную функцию. Все возможные реализации этой функции могут быть получены из графика функции простым изменением масштаба по оси ординат. Выражение (6) функции изменения обеспечивает простой ее вид, позволяет выявить физический смысл каждого члена.

Линейная случайная функция имеет вид:

$$U(t) = V_c t + Z, \quad (8)$$

Функции (6) и (8) могут характеризовать также изменение параметра конкретного элемента, т.е. одну реализацию. При этом, V_c является постоянной, а Z - случайной величиной в момент t . В случае гладких или относительно гладких возрастающих реализаций изменения параметра состояния элемента, а также при приближенном учете реального процесса изменения параметра слагаемое Z можно приравнять нулю. Тогда:

$$U(t) = V_c t, \quad (9)$$

Назовем простую функцию базовой. Различные варианты случайной функции изменения параметра будем получать путем последовательного усложнения функции (9).

Следует отметить, что коэффициент вариации случайной величины, получаемой при фиксированном значении t_1 элементарной случайной функции $V_c f(t_1)$ есть величина постоянная, равная коэффициенту вариации случайной величины V_c . Это можно доказать следующим путем. Пусть в фиксированный момент наработки t_1 имеем случайную величину $U(t_1)$ со среднеквадратичным отклонением $\sigma_u = \sigma_V f(t_1)$. Математическое ожидание этой величины $f_0(t_1) = m_V f(t_1)$, где m_V - математическое ожидание V_c . Тогда коэффициент вариации величины $U(t_1)$ составит:

$$\frac{\sigma_u}{f_0(t_1)} = \frac{\sigma_V f(t_1)}{m_V f(t_1)} = \frac{\sigma_V}{m_V}, \quad (10)$$

Что и требовалось доказать.

Вариация V_c имеет обычно относительно большую величину, что приводит к значительному рассеиванию ресурса элемента. Поэтому в целях повышения точности и облегчения прогнозирования состояния машин крайне важно уменьшить величину V_c . Это можно сделать при учете

функциональной связи скорости изменения параметра со свойствами материала и условиями работы деталей, узлов и агрегатов машины [21, 22].

Связь между скоростью изменения параметра (например, скоростью изнашивания детали) и показателями свойств материала и условиями работы (твердость поверхности металла, удельная нагрузка на поверхность детали, ее относительная скорость движения) обычно выражают функциональной, детерминированной зависимостью, полученной в результате лабораторных испытаний или теоретических исследований:

$$V_{c.l} = F(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n), \quad (11)$$

где x_j - значение j - го показателя.

В то же время скорость изменения параметра в связи с влиянием ряда неучтенных показателей и рассеиванием в реальных условиях эксплуатации учитываемых формулой (10) показателей ($j=1, 2, \dots, n$) есть величина случайная. Для нахождения тесной связи необходимо учесть влияние первых и рассеивание вторых показателей.

В этих целях предлагается использовать так называемый метод случайного коэффициента [21, 22]. Сущность метода заключается в переносе случайного на коэффициент K , который при этом характеризует влияние на V_c всех неучтенных показателей свойств материала и условий работы, и представлении величины V_c в виде элементарной линейной случайной функции:

$$V_c = KA\{V_{c.l}\} = KA\{F(x_1, x_2, \dots, x_n)\}, \quad (12)$$

где A - оператор, линейно преобразующий функцию связи (10) относительно K .

Введение оператора A связано с возможным неравномерным односторонним влиянием неучтенных показателей на V_c при изменении функции (10).

В уравнении (11) случайной величиной служит K , а оставшаяся часть выражает детерминированную функцию. Коэффициент вариации скорости изменения параметра при таком представлении оказывается равным коэффициенту вариации величины K , что резко уменьшает вариацию скорости изменения параметра и ресурса элемента (рисунок).

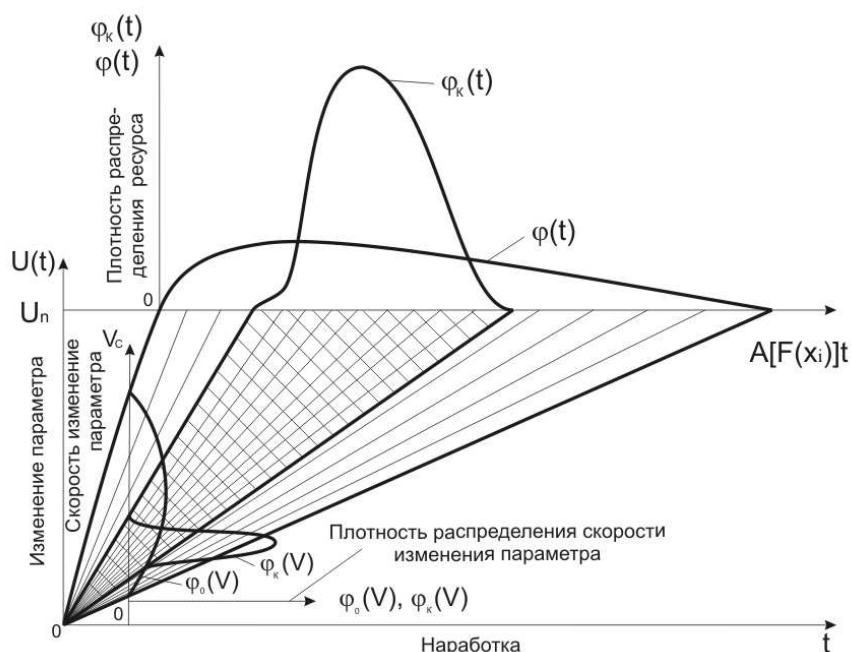


Рисунок – Уменьшение рассеивания скорости изменения параметра при ее представлении в виде элементарной случайной функции

Применяя метод случайного коэффициента, можно найти среднее значение скорости изменения параметра:

$$m_V = K_0 A[F(x_1, x_2, \dots, x_n)], \quad (13)$$

где K_0 - математическое ожидание величины K .

Учтем рассеивание в эксплуатационных условиях показателей x_1, x_2, \dots, x_n , используя метод линеаризации функции и относительно небольших средних квадратических погрешностей показателей x_j . В каче-

стве функции выступает выражение (13). Коэффициент вариации величины V_c в случае независимости аргументов составит:

$$v_H = \sqrt{\frac{\sigma^2_K}{m_V^2} + \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{dm_V}{dx_j}\right)^2 \sigma_{x_j}^2}{m_V^2}}, \quad (14)$$

где $\frac{dm_V}{dx_j}$ - частная производная функция m_V по аргументу x_j ;

$\sigma_{x_j}^2$ - среднеквадратическое отклонение j - го показателя от среднего значения x_j .

Структура, конструкция элемента оказывают влияние на характер кривой изменения параметра, что учитывается функцией математического ожидания этого изменения. В выражении (14) характер кривой изменения параметра отражается детерминированной функцией $f(t)$, которая может быть представлена различными функциями: линейной, степенной, экспоненциальной, дробно-линейной, многочленом n - й степени и другими.

Достижение параметром предельной величины обуславливает отказ элемента. Учет предельного изменения параметра производится на основе теоремы преобразования случайных величин. Это можно показать на примере базовой функции: $U(t) = V_c t = KA[F(x_1, x_2, \dots, x_n)]t$.

Как и ранее V_c есть случайная величина с плотностью распределения $\varphi_0(V_c)$. Ресурс элемента, имеющего скорость изменения параметра V_c , составит:

$$t_{II} = \frac{U_{II}}{V_c}, \quad (U_{II}, V_c > 0). \quad (15)$$

Тогда плотность распределения ресурса при фиксированном предельном изменении U_{Π} находят как функцию случайного аргумента [254]:

$$\varphi(t) = \varphi_0[R(t)] \cdot |R'(t)|, \quad (16)$$

где $R(t)$ - обратная функция;

$R'(t)$ - производная этой функции.

При нормальном распределении V_c :

$$\varphi(t) = \frac{U_{\Pi}}{\sqrt{2\pi}\sigma_V t^2} \exp\left[-\frac{\left(\frac{U_{\Pi}}{t} - m_V\right)^2}{2\sigma_V^2}\right], \quad (17)$$

При распределении Вейбула:

$$\varphi(t) = \frac{bK_b U_{\Pi}}{m_V^b t^2} \left(\frac{U_{\Pi}}{t}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{K_b U_{\Pi}}{m_V t}\right)\right], \quad (18)$$

$$K_b = \Gamma\left(\frac{1}{b} + 1\right),$$

где b - параметр формы распределения;

Γ - индекс гамма-функции.

При вариации предельного изменения параметра плотность распределения ресурса можно найти как функцию двух случайных величин U_{Π} и V_c .

Старение машины, оставляя без изменения характер кривой функции $f(t)$, увеличивает скорость изменения параметра. Этот процесс учитывается тем, что вместо величин m_V и σ_V или соответствующих им среднего ресурса, дисперсии ресурса элемента берут другие значения m_V и σ_V или другие значения оценок ресурса, обусловленные процессом старения.

При учете межконтрольной наработки как случайной величины используются уравнения (6) и (9), которые можно преобразовать в следующий вид:

$$U(t) = V_c f\left(\sum_{i=1}^n t_{Mi}\right) + V_t' f_1\left(\sum_{i=1}^n t_{Mi}\right), \quad (19)$$

$$U(t) = V_c \sum_{i=1}^n t_{Mi},$$

где t_{Mi} - межконтрольная i - я случайная наработка.

Анализ результатов математического описания процесса изменения параметра показывает, что они достаточно полно удовлетворяют сформулированным в начале статьи требованиям.

Литература

1. Бышов Н.В. Периодичность контроля технического состояния мобильной сельскохозяйственной техники/Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.Д. Кокорев и др.//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2012. -№07(081). С. 480 -490. -IDA [article ID]: 0811207036. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/36.pdf>, 0,688 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,266
2. Бышов, Н. В. Разработка таблицы состояний и алгоритма диагностирования тормозной системы /Н. В. Бышов //Вестник КрасГАУ. -2013. -№12. -С. 179 -184.
3. Бышов Н.В. Методы определения рациональной периодичности контроля технического состояния тормозной системы мобильной сельскохозяйственной техники /Бышов Н. В., Борычев С. Н., Успенский И.А., Кокорев Г.Д., Николотов И.Н., Гусаров С.Н., Панкова Е.А.// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №02(086). С. 585 – 596. – IDA [article ID]: 0861302041. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/41.pdf>
4. Бышов Н.В. Диагностирование мобильной сельскохозяйственной техники с использованием прибора фирмы “Samte” / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев // В электронном журн. «Научный журнал КубГАУ». – 2012 г., № 04 (078), режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/4/pdf/42.pdf>, С. 487 – 497.
5. Повышение готовности к использованию по назначению мобильной сельскохозяйственной техники совершенствованием системы диагностирования: монография. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Кокорев Г.Д., Юхин И.А., Жуков К.А., Гусаров С.Н.-Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013.-187 с.: ил., табл.-Библиогр.: с. 174-187 (161 назв.).-ISBN 978-5-98660-121-2. Шифр 13-4118

6. Кокорев Г.Д. Математические модели в исследованиях сложных систем / Г.Д. Кокорев // Научно-технический сборник №10. – Рязань: ВАИ, 2000. С 8–12.

7. Кокорев Г.Д. Подход к формированию основ теории создания сложных технических систем на современном этапе/Г.Д. Кокорев//Сборник научных трудов РГСХА, (вып. 4) ч.2 -Рязань: РГСХА, 2000. С. 54-60.

8. Кокорев Г.Д. Основные принципы управления эффективностью процесса технической эксплуатации автомобильного транспорта в сельском хозяйстве/Г.Д. Кокорев//Сборник материалов научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедр «Эксплуатация машинно-тракторного парка» и «Технология металлов и ремонт машин» инженерного факультета РГСХА. -Рязань: РГСХА, 2004. С. 128-131.

9. Кокорев Г.Д. Стратегии технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта/Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский, И.Н. Николотов//Вестник МГАУ. -2009 -№3. -С. 72-75.

10. Кокорев Г.Д. Диагностирование дизелей методом цилиндрического баланса/Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский, И.Н. Николотов// Тракторы и сельхозмашины. – 2009 - №8. – С. 45-46.

11. Кокорев Г.Д. Тенденции развития системы технической эксплуатации автомобильного транспорта/Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский, И.Н. Николотов//Сборник статей II международной научно-производственной конференции «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса». -Пенза, 2009. С. 135-138.

12. Кокорев Г.Д. Повышение эффективности процесса технической эксплуатации автомобильного транспорта в сельском хозяйстве/Г.Д. Кокорев//Материалы международной юбилейной научно-практической конференции посвященной 60-летию РГАТУ.- Рязань: РГАТУ, 2009.С. 166-177.

13. Кокорев, Г.Д. Метод прогнозирования технического состояния мобильной техники /Г. Д. Кокорев, И. Н. Николотов, И. А. Успенский, Е. А. Карцев//Тракторы и сельхозмашины. -2010. -№12. -С. 32 -34.

14. Кокорев Г.Д. Роль диагностирования тормозных систем в повышении безопасности движения и эффективности технической эксплуатации / Г.Д. Кокорев, И.А.Успенский, Д.В. Безруков, И.Н.Николотов // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей. XII Международная научно-практическая конференция. – Владимир. 2010. – С. 329–331.

15. Кокорев, Г.Д. Математическая модель изменения технического состояния мобильного транспорта в процессе эксплуатации/Г.Д. Кокорев//Вестник РГАТУ -2012.- №4(16). -С. 90-93.

16. Кокорев, Г.Д. Методология совершенствования системы технической эксплуатации мобильной техники в сельском хозяйстве/Г.Д. Кокорев. -Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. -247 с.

17. Кокорев, Г.Д. Способ отбора рациональной совокупности объектов подлежащих диагностированию/Г.Д. Кокорев//Вестник РГАТУ -2013.-№1(17). -С. 61-64.

18. Успенский И.А. Разработка теоретических положений по распознаванию класса технического состояния техники /И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев, И.Н. Николотов, С.Н. Гусаров//Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств. Материалы XV Международной научно-практической конференции 20-22 ноября 2013 г., Владимир, под общ. ред. А.Г. Кириллова -Владимир: ВлГУ, 2013. -С. 110-114 (222 с.)

19. Кокорев Г. Д. Прогнозирование изменения технического состояния тормозной системы образца мобильного транспорта в процессе эксплуатации / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, Е. А. Панкова, И. Н. Николотов, С. Н. Гусаров // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукцией: материалы междунар. науч.-практ. – Минск, 2013. – С. 197–200.

20. Кокорев Г.Д. Рекомендации по повышению эффективности системы технической эксплуатации автомобилей в сельском хозяйстве на основе инженерно-кибернетического подхода /Г.Д. Кокорев. -Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. -38 с.

21. Кокорев Г.Д. Повышение эффективности системы технической эксплуатации автомобилей в сельском хозяйстве на основе инженерно-кибернетического подхода: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.03/Г.Д. Кокорев. -Рязань, 2014. -483 с.

22. Кокорев Г.Д. Повышение эффективности системы технической эксплуатации автомобилей в сельском хозяйстве на основе инженерно-кибернетического подхода/ Г.Д. Кокорев//Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева. Рязань, 2014. - 36 с.

23. Кокорев Г.Д. Место и роль диагностирования при применении системы технического обслуживания автомобильной техники с контролем технического состояния/Г.Д. Кокорев//Материалы XVII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией кандидата технических наук, доцента Ш.А. Амирсейидова. – Владимир: ФГБОУ ВО ВлГУ, 2015.-С. 51-55.

24. Кокорев Г. Д. Методика выбора диагностируемых параметров автомобилей в условиях сельскохозяйственного производства [Электронный ресурс] / Г. Д. Кокорев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрно- го университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2016. – № 117 (03). – С. 793–806. – IDA [article ID]: 0811207036. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/52.pdf>.

25. Пат. №2452880 РФ. Устройство информирования водителя о предельном износе тормозной накладки/Николотов И.Н., Карцев Е.А., Кокорев Г.Д., и др. - _Заявл. 15.10.2010; опубл. 10.06.12 Бюл. №16.-6с.

References

1. Byishov N.V. Periodichnost kontrolya tehničeskogo sostoyaniya mobilnoy selskohozyaystvennoy tehniky/N.V. Byishov, S.N. Boryichev, G.D. Kokorev i dr.//Politematicheskiy setevoy elektronnyiy nauchnyiy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyiy zhurnal KubGAU) [Elektronnyiy resurs]. -Krasnodar: KubGAU, 2012. -#07(081). S. 480 -490. -IDA [article ID]: 0811207036. -Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/36.pdf>, 0,688 u.p.l., impakt-faktor RINTs=0,266

2. Byishov, N. V. Razrabotka tablitsyi sostoyaniy i algoritma diagnostirovaniya tormoznoy sistemyi /N. V. Byishov //Vestnik KrasGAU. -2013. -#12. -S. 179 -184.

3. Byishov N.V. Metodyi opredeleniya ratsionalnoy periodichnosti kontrolya tehničeskogo sostoyaniya tormoznoy sistemyi mobilnoy selskohozyaystvennoy tehniky /Byishov N. V., Boryichev S. N., Uspenskiy I.A., Kokorev G.D., Nikolotov I.N., Gusarov S.N., Pankova E.A.// Politematicheskiy setevoy elektronnyiy nauchnyiy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyiy zhurnal KubGAU) [Elektronnyiy resurs]. –Krasnodar: KubGAU, 2013. – #02(086). S. 585 – 596. – IDA [article ID]: 0861302041. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/41.pdf>

4. Byishov N.V. Diagnostirovanie mobilnoy selskohozyaystvennoy tehniky s ispolzovaniem pribora firmyi “Samte” / N.V. Byishov, S.N. Boryichev, I.A. Uspenskiy, G.D. Kokorev // V elektronnom zhurn. «Nauchnyiy zhurnal KubGAU». – 2012 g., # 04 (078), rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/4/pdf/42.pdf>, S. 487 – 497.

5. Povyishenie gotovnosti k ispolzovaniyu po naznacheniyu mobilnoy selskohozyaystvennoy tehniky sovershenstvovaniem sistemyi diagnostirovaniya: monografiya. Byishov N.V., Boryichev S.N., Uspenskiy I.A., Kokorev G.D., Yuhin I.A., Zhukov K.A.,

Gusarov S.N.-Ryazan: FGBOU VPO RGATU, 2013.-187 s.: il., tabl.-Bibliogr.: s. 174-187 (161 nazv.).-ISBN 978-5-98660-121-2. Shifr 13-4118

6. Kokorev G.D. Matematicheskie modeli v issledovaniyah slozhnyih sistem / G.D. Kokorev // Nauchno-tehnicheskiy sbornik #10. – Ryazan: VAI, 2000. S 8–12.

7. Kokorev G.D. Podhod k formirovaniyu osnov teorii sozdaniya slozhnyih tehnikeskikh sistem na sovremennom etape/G.D. Kokorev//Sbornik nauchnyih trudov RGSZA, (vyip. 4) ch.2 -Ryazan: RGSZA, 2000. S. 54-60.

8. Kokorev G.D. Osnovnyie printsipy upravleniya effektivnostyu protsessa tehnikeskoy ekspluatatsii avtomobilnogo transporta v selskom hozyaystve/G.D. Kokorev//Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy 50-letiyu kafedr «Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka» i «Tehnologiya metallov i remont mashin» inzhenernogo fakulteta RGSZA. -Ryazan: RGSZA, 2004. S. 128-131.

9. Kokorev G.D. Strategii tehnikeskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobilnogo transporta/G.D. Kokorev, I.A. Uspenskiy, I.N. Nikolotov//Vestnik MGAU. -2009 -#3. -S. 72-75.

10. Kokorev G.D. Diagnostirovanie dizeley metodom tsilindrovogo balan-sa/G.D. Kokorev, I.A. Uspenskiy, I.N. Nikolotov// Traktory i selhozmashiny. – 2009 - #8. – S. 45-46.

11. Kokorev G.D. Tendentsii razvitiya sistemyi tehnikeskoy ekspluatatsii avtomobilnogo transporta/G.D. Kokorev, I.A. Uspenskiy, I.N. Nikolotov//Sbornik statey II mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii «Perspektivnyie napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa». -Penza, 2009. S. 135-138.

12. Kokorev G.D. Povyishenie effektivnosti protsessa tehnikeskoy ekspluatatsii avtomobilnogo transporta v selskom hozyaystve/G.D. Kokorev//Materialyi me-zhdunarodnoy yubileynoy nauchno-prakticheskoy konferentsii posvyaschennoy 60-letiyu RGATU.- Ryazan: RGATU, 2009.S. 166-177.

13. Kokorev, G.D. Metod prognozirovaniya tehnikeskogo sostoyaniya mobilnoy tehniki /G. D. Kokorev, I. N. Nikolotov, I. A. Uspenskiy, E. A. Kartsev//Traktory i selhozmashiny. -2010. -#12. -S. 32 -34.

14. Kokorev G.D. Rol diagnostirovaniya tormoznyih sistem v povyishenii bezopasnosti dvizheniya i effektivnosti tehnikeskoy ekspluatatsii / G.D. Kokorev, I.A.Uspenskiy, D.V. Bezrukov, I.N.Nikolotov // Fundamentalnyie i prikladnyie problemyi sovershenstvovaniya porshnevnyih dvigateley. XII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – Vladimir. 2010. – S. 329–331.

15. Kokorev, G.D. Matematicheskaya model izmeneniya tehnikeskogo sostoyaniya mobilnogo transporta v protsesse ekspluatatsii/G.D. Kokorev//Vestnik RGATU -2012.-#4(16). -S. 90-93.

16. Kokorev, G.D. Metodologiya sovershenstvovaniya sistemyi tehnikeskoy ekspluatatsii mobilnoy tehniki v selskom hozyaystve/G.D. Kokorev. -Ryazan: FGBOU VPO RGATU, 2013. -247 s.

17. Kokorev, G.D. Sposob otbora ratsionalnoy sovokupnosti ob'ektov pod-lezhaschih diagnostirovaniyu/G.D. Kokorev//Vestnik RGATU -2013.-#1(17). -S. 61-64.

18. Uspenskiy I.A. Razrabotka teoreticheskikh polozheniy po raspoznaniyu klassa tehnikeskogo sostoyaniya tehniki /I.A. Uspenskiy, G.D. Kokorev, I.N. Nikolotov, S.N. Gusarov//Aktualnyie problemyi ekspluatatsii avtotransportnyih sredstv. Materialyi XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 20-22 noyabrya 2013 g., Vladimir, pod obsch. red. A.G. Kirillova -Vladimir: VIGU, 2013. -S. 110-114 (222 s.)

19. Kokorev G. D. Prognozirovanie izmeneniya tehnikeskogo sostoyaniya tor-moznoy sistemyi obraztsa mobilnogo transporta v protsesse ekspluatatsii / G. D. Kokorev, I. A. Uspenskiy, E. A. Pankova, I. N. Nikolotov, S. N. Gusarov // Pererabotka i upravlenie

kachestvom sel'skohozyaystvennoy produktsiyey: materialyi mezhdunar. nauch.-prakt. – Minsk, 2013. – S. 197–200.

20. Kokorev G.D. Rekomendatsii po povysheniyu effektivnosti sistemyi teh-nicheskoy ekspluatatsii avtomobiley v sel'skom hozyaystve na osnove inzhenerno-kiberneticheskogo podhoda /G.D. Kokorev. -Ryazan: FGBOU VPO RGATU, 2013. -38 s.

21. Kokorev G.D. Povyshenie effektivnosti sistemyi teh-nicheskoy ekspluata-tsii avtomobiley v sel'skom hozyaystve na osnove inzhenerno-kiberneticheskogo podhoda: dis. ... dokt. tehn. nauk: 05.20.03/G.D. Kokorev. -Ryazan, 2014. -483 s.

22. Kokorev G.D. Povyshenie effektivnosti sistemyi teh-nicheskoy ekspluata-tsii avtomobiley v sel'skom hozyaystve na osnove inzhenerno-kiberneticheskogo podhoda/ G.D. Kokorev//Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni doktora teh-nicheskikh nauk/Mordovskiy gosudarstvennyiy universitet im. N.P. Ogareva. Ryazan, 2014. -36 s.

23. Kokorev G.D. Mesto i rol diagnostirovaniya pri primenenii sistemyi teh-nicheskogo obsluzhivaniya avtomobilnoy tehniki s kontrolem teh-nicheskogo sostoyaniya/G.D. Kokorev//Materialyi XVII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obschey redaktsiyey kandidata teh-nicheskikh nauk, dotsenta Sh.A. Amirseyidova. – Vladimir: FGBOU VO VIGU, 2015.-S. 51-55.

24. Kokorev G. D. Metodika vyibora diagnostiruemyih parametrov avtomobiley v usloviyah sel'skohozyaystvennogo proizvodstva [Elektronnyiy resurs] / G. D. Kokorev // Politematicheskii setevoy elektronnyiy nauchnyiy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyiy zhurnal KubGAU). – Krasnodar: KubGAU, 2016. – # 117 (03). – S. 793–806. – IDA [article ID]: 0811207036. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/52.pdf>.

25. Pat. #2452880 RF. Ustroystvo informirovaniya voditelya o predelnom iznose tormoznoy nakladki/Nikolotov I.N., Kartsev E.A., Kokorev G.D., i dr. - _Zayavl. 15.10.2010; opubl. 10.06.12 Byul. #16.-6s.