



Система усовершенствованных методов прогнозирования технического состояния автомобилей

Криков А.М., (✉)Иванников А.Б., Сидоренко М.Н.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉)e-mail: ivannikovab@sfscs.ru

Представлены результаты выполненных исследований по совершенствованию системы прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов автомобилей сельхозтоваропроизводителя на примере грузовых автомобилей, реализуемой в среде электронных таблиц офисного пакета программ персонального компьютера. В качестве программ офисного пакета можно использовать приложения LibreOffice Calc или MS Excel и др. Цель данного исследования – разработка системы программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей за счет усовершенствования методов прогнозирования. Данные методы в совокупности способны уточнить статистическую оценку прогнозируемых параметров и дадут возможность специалисту принять обоснованные решения по дальнейшей эксплуатации грузового автомобиля. Для повышения оперативности работы система программно-алгоритмических и информационных средств может быть использована на планшетах и мобильных смартфонах. Обосновано усовершенствование методов прогнозирования в информационной модели системы программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования. Выстроенный алгоритм информационной модели имеет понятный и доступный для пользователя интерфейс с доступом к корневой директории папок с систематизированными файлами, имеющими расширения .doc и .xlsx. Прогнозные расчеты выполняются после ввода результатов диагностики рассматриваемого автомобиля и после обработки системой в выданной информации указывается спрогнозированный и предельный параметр критического состояния узлов и агрегатов автомобиля. При этом обеспечивается своевременное и качественное выполнение технической диагностики в установленном порядке и объеме, снижение вероятности отказов автомобиля на линии, повышение эффективности работы парка сельхозтоваропроизводителя.

Ключевые слова: совершенствование прогнозирования, электронные таблицы EXCEL, LibreOffice Calc, техническая диагностика, система ПАИС

System of improved methods for predicting the technical condition of vehicles

Krikov A.M., (✉)Ivannikov A.B., Sidorenko M.N.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

(✉)e-mail: ivannikovab@sfscs.ru.

The results of the performed research on the improvement of the system of forecasting parameters of the technical condition of the units and assemblies of agricultural vehicles on the example of trucks, implemented in the spreadsheet environment of the office program package of the personal computer are presented. LibreOffice Calc or MS Excel applications among other can be used as the office package programs. The purpose of this research is to develop a system of software-algorithmic and information tools of predicting the parameters of the technical condition of units and assemblies

of trucks by improving the methods of prediction. These methods in aggregate are able to clarify the statistical evaluation of the predicted parameters and will enable the specialist to make informed decisions on further operation of the truck. The system of software -algorithmic and information tools can be used on tablets and mobile smartphones to increase the efficiency of work. The improvement of forecasting methods in the information model of the system of software-algorithmic and information tools of forecasting is substantiated. The established algorithm of the information model has a clear and accessible interface for the user with access to the root directory of folders with systematized files having extensions .doc and .xlsx. Predictive calculations are performed after entering the diagnostic results of the vehicle in question and after processing by the system, the predicted and maximum parameters of the critical state of the vehicle's units and assemblies are indicated in the information provided. This ensures timely and quality performance of technical diagnostics in the prescribed order and volume, reduces the probability of vehicle failures on the line, and increases the efficiency of the farming company's fleet.

Keywords: prediction development, EXCEL, LibreOffice Calc, technical diagnostics, SAIT system

Для цитирования: Криков А.М., Иванников А.Б., Сидоренко М.Н. Система усовершенствованных методов прогнозирования технического состояния автомобилей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55. № 7. С. 94–103. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-7-11>

For citation: Krikov A.M., Ivannikov A.B., Sidorenko M.N. System of improved methods for predicting the technical condition of vehicles. *Sibirskii vestnik sel'skhoz'yastvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2025, vol. 55, no. 7, pp. 94–103. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-7-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Качественное выполнение плана технического обслуживания (ТО) обеспечивает поддержание коэффициента технической готовности транспортных средств сельхозтоваропроизводителя (СХТП). Одним из приемов совершенствования технического сервиса при обслуживании грузовых автомобилей является прогнозирование остаточного ресурса параметров технического состояния узлов и агрегатов, выполняемое по результатам технической диагностики (ТД). ТД можно выполнять двумя способами: первым – непосредственно на пункте ТО специалистом при помощи необходимого инструментария; вторым – прогнозным, позволяющим на основе собираемой статистической информации по конкретному автомобилю предсказывать остаточный ресурс узла или агрегата

автомобиля, что может значительно ускорить процесс принятия решения на осуществление необходимого воздействия на объект технической диагностики. Реализация программного обеспечения для этого способа возможна в среде электронных таблиц офисного пакета программ персонального компьютера. В качестве программ офисного пакета могут использоваться приложения LibreOffice Calc или MS Excel¹ и др.

Реализация подобной методики прогнозирования в процессе ТО тракторов показала их практическую значимость и перспективность применения информационных технологий в этой сфере [1]. В настоящей статье рассмотрены подходы по совершенствованию прогнозирования с использованием методических приемов, позволяющих уточнять статистическую оценку прогнозируемого диагностического параметра для принятия решения по

¹Сидоренко М.Н., Криков А.М. Применение компьютерных технологий для усовершенствования прогнозирования остаточного ресурса параметров узлов и агрегатов грузовых автомобилей АПК // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф. В 2-х книгах. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2023. Кн. 1. С. 164–166.

дальнейшей эксплуатации грузовых автомобилей сельхозтоваропроизводителя [2].

Цель исследования – повышение эффективности применения системы программно-алгоритмических и информационных средств (ПАИС) прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей за счет усовершенствования используемых методов прогнозирования.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать величины текущей скорости изменения параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей на основе учета всех однотипных параметров, включая индивидуальные параметры других образцов рассматриваемой модели.

2. Скорректировать показатель типизированных коэффициентов кривизны α с учетом номинальных параметров технического состояния и динамики преобразования прогнозируемого коэффициента на основе реальных данных, полученных в ходе текущей технической диагностики.

3. Разработать варианты управляющего воздействия, включающие формирование списка операций технической диагностики для более раннего диагностирования индивидуализированных параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей, отходя от канонов существующего перечня операций.

4. Сформировать варианты управляющего воздействия при построении перечня параметров технического состояния агрегатов и узлов с учетом информации о его техническом состоянии, близком к предельно допустимому, с указанием наименований, прогнозных и предельных значений.

Решение поставленных задач позволит в совокупности повысить точность статистической оценки прогнозируемых параметров и даст возможность соответствующим специалистам принимать обоснованные решения по осуществлению необходимых воздействий

на конкретные автомобили в процессе их эксплуатации.

Для практической реализации указанной системы ПАИС инженерной службе сельхозтоваропроизводителя необходимо иметь персональный компьютер с минимальным набором требований к производительности. Для повышения оперативности работы система ПАИС может быть использована на планшетах и мобильных телефонах. Используя интернет, возможно применять систему в удаленном режиме².

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования стала усовершенствованная система ПАИС. В ходе исследования в основном применены методы анализа данных: статистические (группировка, определение средних оценок, табулирование), многомерные (факторный анализ), имитационные (экспертные оценки, интуиция, опыт) и детерминированные (программирование).

При решении первой задачи для рассматриваемого параметра вначале определяют количество идентичных параметров (КИП) на самом анализируемом образце грузовых автомобилей [3]. Если КИП на рассматриваемом образце $j = 1$ (т.е. другое КИП отсутствует), то в качестве его учитывают количество образцов грузовых автомобилей данной модели в парке самого сельхозтоваропроизводителя (СХТП). Например, если содержание СО в выхлопных газах грузовых автомобилей является единичным параметром для одного автомобиля, то КИП будет учтено по их другим образцам. Например, на восьмицилиндровом двигателе обязательно найдется диагностический параметр, для которого КИП будет $j = 8$, в таком случае при оценке КИП будет учтено восемь скоростей для оценки изменения анализируемого параметра – v_{c1} , v_{c2} , ..., v_{c8} , что соответствует совершенствованию метода прогнозирования в системе ПАИС. Определение усредненной скорости изменения анализируемого диагностическо-

²Контрбаева Ж.Д., Салыков Б.Р. Повышение эффективности автомобильного транспорта при перевозке сельскохозяйственных грузов на основе инновационных цифровых технологий // 3i: Intellect, Idea, Innovation – интеллект, идея, инновация. 2023. № 1. С. 143–151. DOI: 10.52269/22266070_2023_1_143.

го параметра оценивается с помощью выражения

$$V_{\text{cp}} = \frac{(v_{c1} + v_{c1} + v_{c2} + \dots + v_{ci})}{(j + 1)}, \quad (1)$$

где V_{cp} – усредненная скорость изменения анализируемого диагностического параметра, ед. параметра/ед. наработки^а (α – показатель степени функции изменения параметра (износа детали сопряжения)); $v_{c1}, v_{c2}, \dots, v_{ci}$ – скорость изменения анализируемого диагностического параметра, ед. параметра/ед. наработки^а; j – количество диагностических параметров.

Здесь величина рассматриваемой скорости v_{c1} фигурирует дважды, что сделано для повышения ее весомости при усреднении [4].

По выражению (1) пересчитывают все прогнозируемые диагностические параметры технического состояния рассматриваемого грузового автомобиля, заменяя реальные скорости их изменения на полученные значения V_{cp} соответственно.

Для решения второй задачи необходимо корректировать таблично задаваемые типизированные коэффициенты α , что осуществляется методом наименьших квадратов. С учетом фактических данных анализируемого параметра $P_1, P_2, \dots, P_r$, где r – число измерений рассматриваемого параметра, включая его номинальное и предельное значения. Задаваемый типизированный коэффициент α может рассматриваться в однотипном СХТП, поэтому при совершенствовании системы ПАИС корректировать параметр этого коэффициента необходимо в процессе проведения производственной проверки. Для внесения корректировки необходимо соблюдать условия, при которых сумма отклонений множества фактических значений диагностируемого параметра от их расчетных величин была бы минимальной. В связи с этим для выполнения этого условия для решения рассматриваемой задачи наилучшим образом подходит метод определения нужных диагностических параметров, основанный на методе наименьших квадратов [5]. Для достижения оптимального качества прогнозирования с применением данного метода минимальное

количество диагностируемых однотипных параметров должно быть не меньше трех, т.е. первый – это номинальное значение его из нормативно-справочной информации (НСИ), второй – находится в памяти персонального компьютера и является параметром, полученным при проведении последней диагностики, третье значение диагностического параметра получаем непосредственно в процессе технической диагностики [6].

Согласно методу наименьших квадратов, кривую изменения необходимо задавать минимум через три точки. Чем больше параметров, хранящихся в персональном компьютере, тем точнее будет происходить процесс прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузового автомобиля.

Такие данные за предыдущие приемы диагностики и прогнозирования, а также номинальное и предельное значения для прогнозируемого параметра сопоставляют с рассчитанным рядом $R_1, R_2, \dots, R_r$ (индекс 1, 2, ..., r – порядковый номер измерения), сформированным применительно к выбранному коэффициенту α_0 , представляющего показатель степени функции изменения при номинальном значении параметра, соответственно, ряд $R_1, R_2, \dots, R_r$ формируется для последовательности значений α_0 , взятой из диапазона $((0,7 \dots 1,3) \times \alpha)$ с шагом 0,1. Сама сумма квадратов отклонений подсчитывается по выражению

$$S = (P_1 - P_1)^2 + (P_2 - P_2)^2 + \dots + (P_r - R_r)^2, \quad (2)$$

где $P_1, P_2, \dots, P_r$ – фактические данные анализируемого параметра; $R_1, R_2, \dots, R_r$ – изменение анализируемого параметра до достижения предельного значения.

Для дальнейших операций прогнозирования в качестве используемого коэффициента α_0 выбирают его значение из указанного выше диапазона, которое позволяет получить минимальную сумму квадратов отклонений S фактических данных от рассчитанных по выражению (2).

Как видно из изложенного, для усовершенствования этого метода прогнозирования в памяти компьютера по каждому грузовому

автомобилю необходимо сохранять сведения о его диагностировании за все предыдущие приемы его оценки/проверки.

На основе решения двух указанных выше задач подсчитывают все прогнозные параметры технического состояния рассматриваемого грузового автомобиля (G_{ir}), где i – прогнозируемый параметр технического состояния его узла или агрегата.

При решении третьей задачи осуществляют сравнение разницы L спрогнозированных значений G_{ir} с имеющимися в НСИ идентичными предельными параметрами технического состояния (R_{id}), где d – предельное значение прогнозируемого параметра технического состояния узла или агрегата грузового автомобиля (далее – ГА). Значение L оценивают как $G_{ir} - R_{id}$, если $(0,1 \times U) \geq L \leq (0,9 \times U)$, где U – пробег данного грузового автомобиля до его следующего очередного ТО, то соответствующий параметру узел/агрегат включают в список для более раннего диагностирования. В выданной информации для него указывают наименование, а также спрогнозированный (G_{ir}) и предельный (R_{id}) размеры критического параметра. Логично, что таких параметров у рассматриваемого узла/агрегата может быть несколько, и все они представляются в указанной группе информации.

При решении четвертой задачи осуществляют сравнение той же разницы L . Если $L \leq (0,1 \times U)$, то соответствующий параметру узел/агрегат включают в список для ремонта. Как и выше, в выданной информации для него указывают наименование, а также спрогнозированный (G_{ir}) и предельный (R_{id}) размеры ремонтируемого параметра. Все другие параметры узла/агрегата с идентичными оценками также представляют в указанной группе информации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Усовершенствованная система ПАИС размещена на информационных носители в папке с наименованием «СПАИС 2.0». Директория состоит из четырех папок («Блок1», «Блок2», «Блок3», «Электронные книги по моделям рассматриваемых ГА»), файла «Ру-

ководство по использованию ПАИС 2.0». doc и книге_xlsx головного меню «СТАРТ». В меню «СТАРТ» прописаны блоки с гиперссылками с возможностью просмотра содержания книг_xlsx:

1. Ввод в компьютер и корректировка в нем НСИ/сведений по рассматриваемым в системе моделям [6] ГА СХТП ГС-1.

2. Ввод в компьютер сведений о результатах последнего диагностирования отдельного образца ГА СХТП и объединение их с данными предыдущих диагностирований ГС-2.

3. Формирование и ввод в компьютер сведений об основных приемах усовершенствованного прогнозирования рассматриваемого образца ГА СХТП ГС-3.

4. Электронные книги по моделям рассматриваемых ГА СХТП ГС-4.

Сформированная система ПАИС на этапе разработки и внедрения товаропроизводителем имела информационную оболочку программного обеспечения MS Excel, позже была интегрирована в электронные таблицы LibreOffice Calc и показала стабильную работу на операционной системе Astra Linux, установленной на портативном компьютере со следующими параметрами: процессором Intel(R) Core(TM) i5-2410M CPU @ 2.30GHz 2.30 GHz; оперативной памятью 8,00 ГБ; видеоадаптером Intel(R) HD Graphics 3000; накопителем SCSI Apacer&Prod AS350 512GB; оптическим приводом DVD+-RW TS-L633J [7].

Компоненты информационной модели в виде электронных таблиц «электронные книги» (далее – книги_xlsx) [8], содержащие все необходимые для прогнозирования сведения по рассматриваемым моделям грузового автомобиля соответственно. Здесь же приведена книга_xlsx общего характера системы ПАИС, содержащая перечень рассматриваемых моделей ГА и меню первого уровня «Старт».

В каждом из прилагаемых меню созданы листы с наименованием «Перечень моделей ГА». В нем приведен перечень наименований моделей рассматриваемых ГА с указанием их количества и гиперссылок на книгу_xlsx соответствующей модели. Ниже таблицы для пользователя приведен текст пояснения

в виде его возможных действий: удалить из таблицы сведения по ГА определенной марки; скорректировать сведения таблицы по определенной марке ГА; дополнить таблицу сведениями по новой марке ГА [9].

В книге_xlsx по ГА каждой модели формируются следующие листы: лист 1 с наименованием «НСИ модели ГА», содержащий НСИ по рассматриваемой модели ГА; лист 2 с наименованием «Свод отдельных единиц ГА рассматриваемой модели» (кратко – «Свод единиц ГА модели»), содержащий рассматриваемый перечень ГА данной модели в парке СХТП; лист 3 с наименованием «ГРЗ1», образованным с использованием в качестве «ГРЗ1» символов фактического государственного регистрационного знака первой рассматриваемой единицы ГА (см. рис. 1).

Прогнозные расчеты выполняют после ввода результатов диагностики рассматриваемого ГА с учетом выбранного приема совершенствования прогнозирования, указанного во входной информации. Для выполнения расчетов создана таблица, включающая наименование узлов и агрегатов автомобиля, параметр состояния, единицу измерения, зна-

чение параметра, значение параметра по предыдущей диагностике, значение параметра по данным текущей диагностики (см. рис. 2).

Аналогичная функция формируется и для случаев учета однотипных величин ГА по конкретной модели. В режиме непосредственных действий в книге_xlsx, пользователь, оперируя листом 2 – «Свод единиц ГА модели» с функциями: удалить из листа сведения по ГА определенной единицы, удаляя при этом и саму информацию по модели; скорректировать сведения по определенной единице ГА, не затрагивая саму информацию по модели; дополнить лист сведениями по новой единице ГА [10].

Оперативная расчетная, входная/выходная информация обрабатывается в книге_xlsx на листе «авто_рабочий», ячейки таблицы содержат ссылки на очередной лист с формулами математического расчета усовершенствованного прогнозирования остаточного диагностического параметра ресурса узлов и агрегатов, отражая формулы (1) и (2), увязывая гиперссылки на показания параметров текущего диагностирования и расчет остаточного параметра ресурса узлов и агрегатов

№ п/п	Г Р 3	Срок ввода в эксплуатацию	Переход к листу авто	примечание
1.	A505HY	2013	скорр	удал дополн
2.	M254KA	2018	скорр	удал дополн
3.	A578HY	2016	скорр	удал дополн
4.	E261KX	2020	скорр	удал дополн
5.	E380HH	2009	скорр	удал дополн

Рис. 1. Фрагмент листа «Свод единиц ГА модели»

Fig. 1. Fragment of the sheet "Summary of the AT model units"

Возможные действия пользователя в данной программной среде:

- Возврат в предыдущее меню
- Ввод в компьютер и корректировка в нем нормативно-справочной информации/сведений
- Выдача результатов прогнозирования из компьютера на его принтер
- Посмотреть результаты расчетов остаточного ресурса

Бланк для записи результатов диагностирования

Дата заполнения: 05.04.2024 г.

Модель ГА: КамАЗ - 452803

ГРЗ: Т061ВМ

№ п/п	Наименование агрегата, узла, кинематической пары	Параметр состояния	Единица измерения	Значение параметра		Значение параметра по предыдущей диагностике	Значение параметра по данным текущей диагностики, ПДЮ
				номинальное, ПН	предельное, Пп		
1.	Автомобиль в целом	Мощность	л.с.	134,5	116,3	32	
2.		Часовой расход топлива	кг/ч	99	78	75,8	
3.		Удельный расход топлива	г/л.с.	35,6	39,4	280	
4.		Количество газов, проходящих в картер двигателя	л/мин	143	156,5	152	
5.		Длительность отработавших газов на режиме свободного ускорения	%	26	90	29	
6.		Длительность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения хол. хода	%	4	40	34	
7.		Компрессия в 1-м цилиндре двигателя	кгс/см ²	2	12	10	
8.	Двигатель и система питания	2	кгс/см ²	26	21,8	21	
9.		3	кгс/см ²	26	21,8	21	
10.		4	кгс/см ²	26	21,8	21	

Рис. 2. Фрагмент листа «Бланк для записи результатов диагностирования»

Fig. 2. Fragment of the sheet “The form for recording diagnostic results”

с использованием всех способов прогноза (см. рис. 3).

Данные по предыдущей диагностике привязаны к рассматриваемой единице ГА. Для этого в память персонального компьютера внесены результаты предыдущей техниче-

ской диагностики и в таблицу записывают значения параметров технического состояния, сдвинув ранее записанные данные вправо. При этом учитывается и число проведенных ТД для подсчета искомого коэффициента кри-

Параметры диагностируемых агрегатов и узлов автомобиля

Дата ТД: 20.09.2021

Модель ГА: КамАЗ - 452803

ГРЗ: Т061ВМ

№ п/п	Наименование агрегата, узла, кинематической пары	Параметр состояния	Единица измерения	Значение параметра в текущей диагностике, ПДЮ	Оценка остаточного ресурса, км	Результат сравнения ПД с ПП (по запасу ресурса)	Заключение по параметру	Циф. к.	Vc	ОП/Vc	тп	расхождение между расчетом	расхождение между ПДЮ-1	Vcr в VA, км	Vcr в VM, км	Vcr
1.	Двигатель в целом	Мощность	л.с.	32	-0,4	0,4	Решет	2049845492,62	0,000000	-4316,20	300249,0	Решет				
2.		Часовой расход топлива	кг/ч	75,8	-0,5	0,3	Решет	2049845492,62	0,000000	-4352,80	300249,0	Решет				
3.		Удельный расход топлива	г/л.с.	280	1,8	40	Решет	2049845492,62	0,000000	18971,55	300250,0	Решет				
4.		Количество газов, проходящих в картер двигателя	л/мин	21,8	5032,3	7,4	Решет	2049845492,62	0,000000	54821340,31	300760,3	Решет				
5.	Двигатель и система питания	Эффективность, по показателю на максимальную мощность	л/мин	100,1	-1,0	1,0	Решет	2049845492,62	0,000000	-12107,87	300249,0	Решет				
6.		Мощность, приходящая на поршневую группу двигателя	л/мин	87	10064150,1	0	Через Т02	24086,30	0,000021	305572,91	1036480,1	Решет				
7.		Длительность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения хол. хода	л/мин	280	492287,4	20	Через Т02	24086,30	0,001245	27768,30	702537,4	Решет				
8.	Двигатель и система питания	Компрессия в 1-м цилиндре двигателя	л/мин	13	81,7	1	Решет	13304581,21	0,000001	4670,71	300331,7	Решет				
9.		Мощность, приходящая на поршневую группу двигателя	л/мин	805	1221,0	15	Решет	13304581,21	0,000000	68952,81	301471,0	Решет				
10.	Двигатель и система питания	Длительность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения хол. хода	л/мин	95	1948,7	24	Решет	13304581,21	0,000001	111621,90	302159,7	Решет				
11.		Длительность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения хол. хода	л/мин	9,8	-0,8	1,8	Решет	2049845492,62	0,000000	8108,35	300249,0	Решет				
12.	Двигатель и система питания	Длительность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения хол. хода	л/мин	9,8	0,0	1,8	Решет	2049845492,62	0,000000	-555,55	300250,0	Решет				
13.		Длительность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения хол. хода	л/мин	9,8	-23,2	1,8	Решет	2049845492,62	0,000000	-308736,48	300250,0	Решет				
14.	Двигатель и система питания	Длительность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения хол. хода	л/мин	9,8	-14,4	1,8	Решет	2049845492,62	0,000000	167868,57	300250,0	Решет				
15.		Длительность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения хол. хода	л/мин	2,5	-0,9	1,8	Решет	2049845492,62	0,000000	-10468,75	300249,1	Решет				

Рис. 3. Фрагмент листа «Расчеты совокупности методов прогнозирования»

Fig. 3. Fragment of the sheet “Calculations of the aggregate forecasting methods”

с учетом оценки изменения рассматриваемого параметра [11]. Каждая ячейка указанных столбцов из формы листа имеет алгоритмические формулы и состоит из множества взаимосвязанных гиперссылок на нужные листы усовершенствованной системы ПАИС [12].

Внедрение усовершенствованных методов прогнозирования в систему ПАИС позволит повысить эффективность технической диагностики автомобилей при плановом и внеплановом техническом обслуживании, а также уровень компетентности специалистов сервисного обслуживания.

ВЫВОДЫ

1. Внесенные изменения в систему ПАИС позволили пересчитывать все прогнозируемые диагностические параметры, заменяя реальные скорости их изменения на полученные значения усредненной скорости анализируемого диагностического параметра, тем самым повышая точность прогнозирования.

2. Корректировка показателя типизированных коэффициентов кривизны осуществляется с учетом номинальных параметров технического состояния и динамики преобразования прогнозируемого коэффициента на основе реальных данных, полученных в ходе текущей технической диагностики.

3. По результатам прогнозирования пользователю выводится перечень возможных управляющих воздействий, причем узлы и агрегаты с прогнозными значениями, близкими к предельным, автоматически включаются в список для ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоренко М.Н., Криков А.М. Информационная модель системы прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей предприятий АПК с применением компьютера // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 10 (204). С. 101–106. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-204-10-101-106.
2. Ишкин Ю.Д., Ишкин Д.Ю., Захаров Н.С., Ишкина Е.Г. Влияние надежности автомобилей на затраты на приобретение запасных частей // Архитектура, строительство, транспорт. 2024. № 1 (107). С. 98–105. DOI: 10.31660/2782-232X-2024-1-98-105.
3. Власов В.М., Филиппова Н.А., Подзоров А.В. Методика интеграции производственно-технических баз обслуживания и ремонта ведомственных автомобилей // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2024. № 3. С. 54–63. DOI: 10.25198/2077-7175-2024-3-54.
4. Иванов Н.М., Криков А.М., Федоров А.Г., Бердникова Р.Г. Выполнение операций технического обслуживания тракторов и грузовых автомобилей с применением комплексной системы информационного обеспечения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 3 (66). С. 19–28. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.19.
5. Крамаренко Т.А., Лукьяненко Т.В., Крамаренко В.О. Реализация методики расчета интегральной оценки в информационной системе в процессе выбора поставщиков для сельхозпредприятия // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 188. С. 67–78. DOI: 10.21515/1990-4665-188-007.
6. Федоров А.Г. Информационные системы в обеспечении технической готовности грузовых автомобилей // Академический вестник войск национальной гвардии Российской Федерации. 2020. № 4. С. 34–39.
7. Кулешова Е.А., Марухленко А.Л., Добрица В.П. Метод обработки данных с учетом взаимного расположения информационных блоков в масштабе вычислительного кластера // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2021. № 1. С. 87–97. DOI: 10.17308/sait.2021.1/3373.
8. Порохня А.А., Корягин В.А. Использование технологии OBD-2 для диагностирования автомобиля // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2022. № 4. С. 34–37.
9. Калашиников И.А., Калашиникова А.А. Применение универсальных информационных систем и аналитических технологий для статистического прогнозирования грузооборота и грузопотока транспортного предприятия // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2021. № 3 (130). С. 56–60.

10. Захаров Н.С., Козин Е.С. Контроль выполнения технологического процесса обслуживания и ремонта автомобилей с использованием нейронных сетей // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2023. № 4 (60). С. 43–51. DOI: 10.20291/2079-0392-2023-4-43-51.
11. Хохлачев В.С., Белов А.А., Калиткин Н.Н. Улучшение оценок погрешности для экспоненциально сходящихся квадратур // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2021. Т. 85. № 2. С. 282–288. DOI: 10.31857/S0367676521010166.
12. Задиран К.С., Щербаков М.В., Сай В.К. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования в условиях малой выборки данных // Управление большими системами: сборник трудов. 2023. № 102. С. 99–113. DOI: 10.25728/ubs.2023.102.6.
1. Sidorenko M.N., Krikov A.M. Information model of computer aided system for forecasting the technical condition of units of load-carrying vehicles at agricultural enterprises. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2021, no. 10 (204), pp. 101–106. (In Russian). DOI: 10.53083 / 1996-4277-2021-204-10-101-106.
2. Ishkin Yu.D., Ishkin D.Yu., Zakharov N.S., Ishkina E.G. Impact of vehicles reliability on the purchasing costs of spare parts. *Arkhitectura, stroitel'stvo, transport = Architecture, Construction, Transport*, 2024, no. 1 (107), pp. 98–105. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2024-1-98-105.
3. Vlasov V.M., Filippova N.A., Podzorov A.V. Methodology for integrating production and technical bases for servicing and repairing departmental vehicles. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii = Intellect. Innovations. Investments*, 2024, no. 3, pp. 54–63. (In Russian). DOI: 10.25198/2077-7175-2024-3-54.
4. Ivanov N.M., Krikov A.M., Fedorov A.G., Berdnikova R.G. Performing maintenance operations for tractors and trucks using an integrated information support system. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2020, vol. 13, no. 3 (66), pp. 19–28. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.19.
5. Kramarenko T.A., Lukyanenko T.V., Kramarenko V.O. Implementation of the method for calculation of the integral evaluation in the information system in the process of selection of suppliers for agricultural enterprises. *Politehnicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University of Kuban State Agrarian University*, 2023, no. 188, pp. 67–78. (In Russian). DOI: 10.21515/1990-4665-188-007.
6. Fedorov A.G. Information systems in ensuring the technical readiness of trucks. *Akademicheskii vestnik voisk natsional'noi gvardii Rossiiskoi Federatsii = Academic Herald of the National Guard Troops of the Russian Federation*, 2020, no. 4, pp. 34–39. (In Russian).
7. Kuleshova E.A., Marukhlenko A.L., Dobritsa V.P. A data processing method that takes into account the mutual arrangement of information blocks in a computing cluster. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii = Proceedings of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technologies*, 2021, no. 1, pp. 87–97. (In Russian). DOI: 10.17308/sait.2021.1/3373.
8. Porokhnya A.A., Koryagin V.A. Using OBD-2 technology for vehicle diagnostics. *Kuznechno-shtampovoechnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem = Forging and stamping production. Material working by pressure*, 2022, no. 4, pp. 34–37. (In Russian).
9. Kalashnikov I.A., Kalashnikova A.A. Using universal information systems and analytical technologies for statistical forecasting of freight turnover and freight flow of a transport enterprise. *Nauka i obrazovanie: khozyaistvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie = Science and education: economy and financial economy, entrepreneurship, law and management*, 2021, no. 3 (130), pp. 56–60. (In Russian).
10. Zakharov N.S., Kozin E.S. Control of the technological process of car maintenance and repair using neural networks. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya = Herald of the Ural State University of Railway Transport*, 2023, no. 4 (60), pp. 43–51. (In Russian). DOI: 10.20291/2079-0392-2023-4-43-51.

11. Khokhlachev V.S., Belov A.A., Kalitkin N.N. Improving error estimates for exponentially converging quadratures. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya fizicheskaya = Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, 2021, vol. 85, no. 2, pp. 282–288. (In Russian). DOI: 10.31857/S0367676521010166.
12. Zadiran K.S., Shcherbakov M.V., Sai V.K. Forecasting of the remaining useful life in conditions of small data sample. *Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov = Large-Scale Systems Control: Collection of Papers*, 2023, no. 102, pp. 99–113. (In Russian). DOI: 10.25728/ubs.2023.102.6.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Криков Аркадий Максимович, главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор; SPIN-код 7614-1103

✉ **Иванников Алексей Борисович**, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент; SPIN-код 2305-9701; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, ул. Центральная, 7; e-mail: ivannikovab@sfscs.ru

Сидоренко Максим Николаевич, аспирант; SPIN-код 4880-4286

AUTHOR INFORMATION

Arkady M. Krikov, Head Researcher, Doctor of Science in Engineering, Professor; SPIN-code 7614-1103

✉ **Alexei B. Ivannikov**, Lead Researcher, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; SPIN-code 2305-9701; **address:** 7, Tsentralnaya St., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: ivannikovab@sfscs.ru

Maxim N. Sidorenko, Post-graduate Student; SPIN-code 4880-4286

Дата поступления статьи / Received by the editors 21.03.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.05.2025
Дата публикации / Published 15.08.2025