



УДК 631.3.004.58

А.Г. ФЕДОРОВ, аспирант,
А.М. КРИКОВ, доктор технических наук, главный научный сотрудник,
В.Н. ДЕЛЯГИН, доктор технических наук, заведующий лабораторией,
В.М. ЛИВШИЦ, доктор технических наук, главный научный сотрудник,
А.А. МОНОСЗОН, доктор технических наук, старший научный сотрудник

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск
e-mail: krikov2010@mail.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ТАБЛИЦЫ

Описаны приемы прогнозирования остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам диагностирования их параметров и формирования управляющих решений по обслуживанию машины в среде электронной таблицы. Реализация приемов прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей на компьютере была осуществлена на примере пяти моделей грузовых автомобилей типа «КАМАЗ». Исследования проведены в Новосибирской области. Сформировано программно-алгоритмическое и информационное обеспечение в виде пакета, состоящего из нескольких электронных книг. В первой книге формируется фонд данных о марочном и количественном составе парка автомобилей предприятия. В остальных книгах содержатся оперативные сведения по обслуживаемым автомобилям в виде общей информации о модели, а также текущей информации о каждой единице модели. В общую информацию включены справочник параметров состояний агрегатов, узлов автомобиля и данные о его пробеге к моменту диагностирования. Текущей информацией о каждой единице модели являются параметры диагностируемых агрегатов и узлов автомобиля, а также заключения по результатам прогнозирования их параметров. Разработанные приемы реализованы на базе пакета электронной таблицы Excel-2010. Приемы позволяют увеличить точность прогнозирования и значительно сократить затраты труда на его выполнение. Общая структура разработанных программно-алгоритмических и информационных решений может быть использована применительно и к другим моделям грузовых автомобилей. Информационная и нормативная составляющие такой структуры должны быть скорректированы с учетом технических параметров конкретных моделей.

Ключевые слова: грузовые автомобили, марка, прогнозирование, остаточный ресурс, алгоритм.

К числу процедур, выполняемых при обслуживании машин, относится оценка остаточного ресурса их узлов и агрегатов по измеренным при диагностике параметрам [1–4], для чего используют специальные номограммы [5, 6]. Это вызывает большие затраты времени и значительные сложности оперирования имеющимися данными. В целях сокращения трудоемкости и облегчения данной процедуры ранее был разработан комплекс программно-алгоритмических и информационных средств, реализованный на компьютере применительно к тракторам [7] с использованием основных результатов [8, 9].

Цель исследования – разработать комплекс программно-алгоритмических и информационных средств для более точного прогнозирования ожидаемых значений параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей.

В результате могут быть продлены сроки эксплуатации узлов и деталей, сокращены затраты времени на проведение обслуживания, что приведет к увеличению выработки автомобилей. Ниже приводится описание варианта такого комплекса, созданного для решения указанной задачи в процессе эксплуатации грузовых автомобилей.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задача прогнозирования остаточного ресурса машин с использованием компьютера рассматривается в качестве специального блока в составе системы информационной поддержки процессов их технического обслуживания и технического диагностирования [1–4, 10]. Блок может быть использован и в автономном режиме. На основе апробации приемов решения данной задачи применительно к имеющимся в АПК классам машин и к их множеству можно отработать в дальнейшем наиболее эффективные методические приемы формирования данного блока, совершенствуя как алгоритмические, так и информационные его компоненты. Данная работа нами рассматривается как один из этапов такой процедуры.

В работе [7] на основе аналитического обзора [5, 6] сформирован алгоритм прогнозирования рассматриваемых параметров с применением компьютера. Данный алгоритм применим и к решению задачи по грузовым автомобилям, поэтому в дальнейшем приводятся лишь те его положения, которые потребуются в пояснении основных излагаемых аспектов решаемой задачи применительно к грузовым автомобилям.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Представим общую схему решения рассматриваемой задачи.

Анализируемый параметр кинематической пары машины характеризуется номинальным (P_H) и предельным (P_P) значениями, а в результате диагноза определяется текущее значение (P_D) параметра. Принято допущение, что изменение рассматриваемого параметра в процессе эксплуатации машины к моменту диагностирования может быть описано с приемлемым допущением степенной функцией вида:

$$P_D = P_H + v_c \cdot t_D^{\omega},$$

где v_c – скорость изменения параметра, обычно являющаяся случайной величиной; t_D – наработка машины с начала эксплуатации ко времени диагностирования; ω – показатель степени, задающий характер изменения параметра от наработки.

Если P_D меньше P_P , т.е. еще есть ресурс данного параметра для дальнейшей эксплуатации машины, то по значениям P_D и t_D определяется скорость изменения параметра v_c в период эксплуатации машины. Приняв, что данная скорость останется той же и далее, по (1) подсчитывается прогнозируемое (расчетное) время работы машины t_p , при котором параметр

станет равным его допустимому значению P_d . Разницей между величинами P_p и P_d определится оставшийся запас параметра κP , который может быть использован машиной от момента диагноза до момента t_p . Сравнением подсчитанного значения t_p с периодичностью предстоящего обслуживания рассматриваемой машины осуществляется выработка управляющего решения по отношению к ее рассматриваемому параметру.

Для рациональной реализации описанной схемы решения задачи в виде расчетных процедур на компьютере в среде электронной таблицы применительно к автомобильному парку предприятия необходимо сформировать информационную базу и алгоритмы оперирования ее компонентами.

Структуру автомобильного парка предприятия представим в виде списка:

Марка I , количество NI ($I = 1, 2, \dots, K$);

где Марка I – наименование I -й модели автомобиля предприятия; $N1, N2, \dots, NK$ – количество I -й модели автомобиля предприятия; K – число рассматриваемых моделей в парке предприятия.

Сформируем в среде пакета электронной таблицы директорию «Прогноз авто». Для отображения указанного списка в пакете в этой директории сформируем так называемую электронную книгу «ЗАГЛ», а в ней – так называемый лист (в терминологии электронной таблицы) «Список_авто». На листе сформируем следующую интуитивно ясную таблицу.

Свод обслуживаемых автомобилей				
Предприятие	Наименование_предприятия Дата заполнения: Число Месяц Год			
№ п/п	Марка автомобиля	Количество автомобилей	Примечание	Переход к книге автомобилей

В ней число строк будет равно числу учитываемых моделей автомобилей K . Последняя колонка послужит для записи гиперссылок, с помощью которых будут осуществляться переходы к книгам пакета, сформированным для сохранения текущей информации применительно к определенной марке автомобиля. Колонка «Примечание» будет служить для записи вспомогательной неформализованной информации пользователя.

Заметим, что при необходимости изменения состава учитываемого парка автомобилей необходимо корректировать (увеличить или уменьшить) число строк данной таблицы с одновременным добавлением или удалением книг в пакете, а также соответствующих гиперссылок переходов к ним.

Книга по марке автомобиля содержит общую информацию о его модели, а также текущую информацию о каждой единице модели в соответствии с третьей колонкой таблицы. Книге удобнее присвоить то же наименование, что и марка рассматриваемой информационной системой грузового автомобиля.

Общая информация о модели представляется в книге на листе «Спр_сос_авто». На нем информация формируется в виде двух информационных таблиц с наименованиями «Справочник параметров состояний агрегатов и узлов автомобиля Марка I » (в дальнейшем – первая таблица

книги) и «Пробеги автомобилей Марка_I к моменту диагностирования» (в дальнейшем – вторая таблица книги) соответственно. Кроме них здесь же формируется вспомогательная таблица, предназначенная для выдачи на печать бланка для записи результатов диагностирования автомобиля.

Первая таблица формируется из восьми колонок с наименованиями: № п/п; «Наименование агрегата, узла, кинематической пары»; «Параметр состояния»; «Единица измерения» (параметра); «Значение параметра номинальное, P_n »; «Значение параметра предельное, P_d »; «Показатель степени функции изменения параметра, ψ »; «Вспомогательный параметр в виде дроби 1/ ψ ».

Число строк первой таблицы определяется числом прогнозируемых параметров. Так, для автомобилей КамАЗ-45143 их оказалось 117. При этом с целью повышения удобства формирования других компонентов блока для одинаковых параметров информационные строки повторяются. Например, для восьмицилиндрового двигателя формируются строки с данными для всех его цилиндров, форсунок и др. Число строк второй таблицы определяется числом учитываемых единиц автомобиля рассматриваемой модели.

Подготовка сведений для первой таблицы является в определенной мере трудоемкой операцией, так как в имеющейся технической документации заводов-изготовителей в концентрированном виде она в большей части не представлена. Вместе с тем показатель степени функции изменения параметра ψ выбирается из таблиц [5, 6], учитывая класс параметра, а вспомогательный параметр 1/ ψ в среде электронной таблицы формируется вычислением как обратная к ψ величина.

Вторая таблица представляется набором колонок: «Марка_I»; «ГРЗ» (аббревиатура словосочетания государственный регистрационный знак); «Дата» (диагностирования); «Пробег» (ко времени диагностирования). Данные колонки ГРЗ по строкам единиц автомобиля используются для формирования гиперссылок к листам единиц автомобилей.

Вспомогательная таблица, предназначенная для выдачи на печать бланка для записи результатов текущего диагностирования конкретной единицы автомобиля, содержит сведения: «Модель авто»; «Дата заполнения» и «ГРЗ». В качестве ее колонок используются первые шесть колонок первой таблицы. Седьмая колонка «Значение параметра по данным текущей диагностики» предназначена для записи результатов диагностирования конкретной единицы автомобиля. Таблица заполняется при поступлении автомобиля на пункт обслуживания и в результате его диагноза. С этой целью вначале выдается из печатающего устройства форма, заполненная частично. В частности, в ней заполняются дата поступления, указывается марка автомобиля и его ГРЗ, а также пробег от начала эксплуатации.

Для оперирования текущей информацией по каждой единице рассматриваемой модели в книге формируются листы, соответствующие учитываемым единицам автомобилей. Присваивают им те же наименования, что и марки, дополняя их цифровой частью ГРЗ. Каждый лист содержит данные таблиц «Параметры диагностируемых агрегатов и узлов автомобиля» (в дальнейшем – первая таблица книги) и «Заключения по результатам диагностики агрегатов и узлов автомобиля» (в дальнейшем – вторая таблица книги).

В заголовке первой таблицы приводятся следующие данные: «Предприятие» (транспортное предприятие); «Дата» (технического диагностиро-

вания); «Марка_I» прогнозируемого автомобиля; «ГРЗ» и «Пробег» (с начала эксплуатации в километрах). Информационными колонками таблицы являются № п/п; «Наименование агрегата, узла, кинематической пары»; «Параметр состояния»; «Единица измерения»; «Значение параметра в текущей диагностике, П_д»; «Оценка остаточного ресурса, км»; «Результат сравнения П_д с П_п» (запас ресурса); «Заключение по параметру».

Эти же параметры приводятся в таблице «Заключения по результатам диагностирования агрегатов и узлов автомобиля». Таблицу можно отпечатать на печатающем устройстве и выдать специалисту инженерной службы предприятия.

Формирование заключения по результатам диагностирования агрегатов и узлов автомобиля производится по следующим правилам:

- если запас ресурса больше пробега автомобиля до очередного ТО-2, уменьшенного на 10 %, то выдается сообщение в виде «При очередном ТО-2»;
- в противном случае, если запас больше пробега автомобиля до очередного ТО-1, уменьшенного на 10 %, то выдается сообщение «При очередном ТО-1»;
- в противном случае – «Ремонт».

Из этих правил следует, что при проведении очередного ТО-1 необходимо ориентироваться на заключения, выданные при предыдущем диагностировании.

Предварительное формирование сведений для указанных таблиц производит уполномоченный специалист сервисной организации, в ведении которой находится данная программно-алгоритмическая система. Затем эти сведения вводят в персональный компьютер.

Формирование информационных листов по другим единицам модели можно производить копированием готового листа с последующим уточнением исходных данных и соответствующих гиперссылок.

Формирование информационных книг по другим моделям удобнее производить копированием одной из готовых книг с последующим уточнением исходных данных, количества листов для единиц моделей автомобилей и соответствующих гиперссылок.

При формировании информационных компонентов указанных книг и их листов используются средства пакета электронной таблицы, позволяющие реализовать принцип однократного ввода как числовых, так и текстовых данных, сокращая тем самым трудоемкость их переноса в компьютер. Это относится, например, к наименованиям прогнозируемых параметров автомобиля, их моделей, ГРЗ и др. Это же относится и к формированию групповых операторов вычислений в разрезе строк листов. При этом используются и приемы ссылок на те или иные ячейки листа как внутри самой книги, так и в других книгах разработанного комплекса.

При формировании описанной информационной базы могут быть использованы процедуры, аналогичные применительно к тракторам. Они описаны в работе [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация описанных в работе приемов прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей на

компьютере была осуществлена на примере пяти моделей грузовых автомобилей типа «КАМАЗ».

Общая структура разработанных программно-алгоритмических и информационных решений может быть использована применительно и к другим моделям грузовых автомобилей. Однако информационная и нормативная составляющие такой структуры должны быть скорректированы с учетом технических параметров конкретных моделей.

Разработанные приемы реализованы на базе пакета электронной таблицы Excel-2010 и могут быть использованы в более ранних версиях таблицы. Приемы позволяют увеличить точность прогнозирования и значительно сократить затраты труда на его выполнение.

Систематизация данных о номинальных и предельных значениях прогнозируемых параметров узлов и агрегатов грузовых автомобилей для множества их моделей является недостаточно разработанной задачей и нуждается в специальных исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Криков А.М., Бердникова Р.Г. Разработка системы информационного сопровождения технического обслуживания тракторов // Электроэнергетика в сельском хозяйстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2009. – С. 308–312.
2. Криков А.М., Бердникова Р.Г. Информационные технологии в системе технического обслуживания тракторов // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике: материалы регион. науч.-практ. конф. – Томск, 2010. – С. 324–326.
3. Бердникова Р.Г., Криков А.М. Информационное обеспечение технического обслуживания тракторов: тр. ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 2013. – Т. 113. – С. 173–178.
4. Криков А.М., Федоров А.Г. Информационные технологии в системе технического обслуживания автомобилей АПК // VII инновационно-промышленный салон. Ремонт. Восстановление. Реновация: материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. – Уфа, 2012. – С. 117–119.
5. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1980. – 575 с.
6. Технологическое руководство по диагностированию тракторов и самоходных сельскохозяйственных комбайнов. – М.: Росинформагротех, 2006. – 244 с.
7. Криков А.М., Бердникова Р.Г. Разработка программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования остаточного ресурса тракторов на компьютере // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сбор. докл. XI междунар. науч.-практ. конф. (14–15 сентября 2010 г., г. Углич). – М., 2010. – Ч. 2. – С. 218–226.
8. Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в условиях Сибири: учеб.-метод. пособие / Н.М. Иванов, А.Е. Немцев, В.В. Коротких и др. / под ред. Н.М. Иванова, А.Е. Немцева. – Новосибирск, 2012. – 108 с.
9. Криков А.М., Иванов Н.М., Немцев А.Е. и др. Электронный глоссарий инженера по технической эксплуатации сельскохозяйственной техники: учебно-метод. пос. – Новосибирск, 2015. – 45 с.
10. Криков А.М., Федоров А.Г. Разработка системы информационного обеспечения технического обслуживания грузовых автомобилей АПК // Труды ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 2013. – Т. 112, ч. 2. – С. 48–50.

Поступила в редакцию 22.06.2016

**A.G. FEDOROV, Postgraduate,
A.M. KRIKOV, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher,
V.N. DELYAGIN, Doctor of Science in Engineering, Laboratory Head,
V.M. LIVSHITS, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher,
A.A. MONOSZON, Doctor of Science in Engineering, Senior Researcher**

*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies,
Russian Academy of Sciences*

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

e-mail: krikov2010@mail.ru

FORECASTING REMAINING RESOURCE OF ASSEMBLIES AND UNITS OF TRUCKS IN THE ENVIRONMENT OF SPREADSHEET

There are described the methods for forecasting remaining resource of assemblies and units of trucks resulting from diagnostics of their parameters and formation of control decisions for machine maintenance in the environment of spreadsheet. Realization of the methods for forecasting parameters of technical conditions of trucks' assemblies and units by means of computer was performed by way of example of 5 models of KAMAZ trucks. Investigations were carried out in Novosibirsk Region. To realize the forecasting methods, program-algorithmic and information support as a package consisting of some e-books was generated. The first e-book forms the pool of data on type and quantitative structure of truck fleet of an enterprise. The other e-books contain on-line data on the vehicles maintained in the form of general information about models, including current information about each unit of a model. General information contains reference parameters of conditions of assemblies and units of a truck, and data on mileage by the time of diagnosing. Current information about each model is parameters of assemblies and units diagnosed as well as reports on forecasting findings. The methods are realized based on the package of Excel 2010 spreadsheet. The methods make it possible to increase forecasting accuracy, and significantly reduce labor costs for forecasting. The general structure of program-algorithmic and information decisions can be used for other types of trucks. However, information and normative components of such a structure should be adjusted taking into account technical specifications of certain models.

Keywords: trucks, type of car, forecasting, remaining resource, algorithm