Грузовик

11
2016

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель ООО "Научно-техническое издательство "Инновационное машиностроение"
Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редакционный совет

Д.Х. Валеев, д-р техн. наук
В.А. Волчков
С.М. Гайдар, д-р техн. наук
Л.В. Грехов, д-р техн. наук, проф.
В.А. Зорин, д-р техн. наук
В.В. Комаров, канд. техн. наук
В.А. Марков, д-р техн. наук, проф.
А.Н. Ременцов, д-р пед. наук, канд. техн. наук
О.Н. Румянцева, ген. дир. ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"
А.Ф. Синельников, канд. техн. наук, проф.
А.А. Солнцев, д-р техн. наук
В.С. Устименко, канд. техн. наук
Х.А. Фасхиев, д-р техн. наук, проф.
Н.Д. Чайнов, д-р техн. наук, проф.

Корпункт:
Я.Е. Карповский (г. Минск)

Адрес редакции:
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а, стр. 12
Тел. (499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а, стр. 2
Тел. (495) 661-03-36

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Регистрационный номер ПИ № ФС 77-63955 от 09.12.2015 г.

Подписной индекс:
по каталогу "Роспечать" 373409,
по объединенному каталогу "Пресса России" 39799,
по каталогу "Почта России" 25782

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», "Грузовик", 2016

Перепечатка материалов из журнала «Грузовик» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Грузовик» обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель

В НОМЕРЕ:

Конструкция

3 *Гребенников А. С., Гребенников С. А., Обельцев А. С.* Причинно-следственные связи неравномерности изменения технического состояния элементов автомобиля

12 *Денисов И. В., Смирнов А. А.* Исследование надежности фрикционной накладки ведомого диска сцепления автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации

Исследования. Расчет

16 *Данилов И. К., Сычев А. М., Марусин А. В.* Математическое моделирование процессов встроенной системы технической диагностики дизелей

20 *Миронова В. В.* Динамические процессы автомобиля при наезде на ступенчатое препятствие

Практика

27 *Козловский В. Н., Киреев К. В., Петровский С. В.* Диагностическая система классификации причин превышения уровня электромагнитных помех легкового автомобиля

32 *Лебедев Д. В., Антропов Б. С.* Методы снижения трудоемкости технического обслуживания автомобилей

Транспортный комплекс

35 *Фасхиев Х. А., Крахмалева А. В.* Повышение эффективности эксплуатации грузовых автомобилей на международных перевозках

40 *Столяров В. В., Щеголева Н. В., Кочетков А. В.* Определение входных параметров для математических моделей оценки риска потери информации

Безопасность

45 *Крамаренко Б. А.* Индивидуальный подход в регионах РФ к контролю качества технического состояния транспортных средств

Пресс-тур

46 *Десятилетие*

47 *Системы* для логистики

Журнал входит в Перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней http://perechen.vak2.ed.gov.ru/
Система Российского индекса научного цитирования www.elibrary.ru.
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ 2015 г. — 0,208.
Место в рейтинге SCIENCE INDEX за 2014 г. по тематике "Транспорт" — 11; по тематике "Машиностроение" — 44. http://elibrary.ru/title_about.asp?id = 9777

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

Truck

11
2016

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

Founder JSC Scientific and Technical Publishing House "Innovative Engineering"
Editor-in-Chief S.N. PEDENKO

Editorial council

D.Kh. Valeev, dr.en.s.
V.A. Volchkov
S.M. Gaydar, dr.en.s., prof,
L.V. Grekhov, dr.en.s., prof.
V.A. Zorin, dr.en.s.
V.V. Komarov, PhD in en.s.
V.A. Markov, dr.en.s., prof.
A.N. Rementsov, dr.Hab, PhD in en.s.
O.N. Rumyantseva, General Director, JSC "Publisher "Innovative Engineering"
A.F. Sinel'nikov, PhD in en.s., prof.
A.A. Solntsev, dr.en.s.
V.S. Ustimenko, PhD in en.s.
Kh.A. Faskhiev, dr.en.s., prof.
N.D. Chaynov, dr.en.s., prof.

Correspondent's office:
Ya.E. Karpovsky (Minsk)

Address of the editorial office:
107076, Moscow, Kolodezny Lane, house 2, str. 12
Ph. (499) 269-48-96
E-mail: qnjzovik@mashin.ru; snp748@yandex.ru
http://www.mashin.ru

Address of publishing house
107076, Kolodezny Lane, house 2, str. 2
Ph. (495) 661-03-36

The magazine is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor).
Registration number PI number FS77.-63955 on December 9, 2015

Subscription index:
according to the catalog "Rospechat" 373409,
according to the integrated catalog "Press of Russia" 39799,
according to the catalog "Russian Post" 25782

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 2016

The reprint of materials from the "Truck" magazine is possible at obligatory written coordination with editorial office of the magazine. At the link to the "Truck" magazine is obligatory for a reprint of materials.

For contents of advertizing materials responsibility is born by the advertiser.

CONTENTS:

Design

3 *Grebennikov A. S., Grebennikov S. A., Obeltsev A. S.* Relationships of cause and effect of unevenness of change of technical condition of elements of the car

12 *Denisov I. V., Smirnov A. A.* Research of reliability of the friction lining of the driven vehicle clutch drive Lada Kalina during the warranty period of operation

Research. Calculation

16 *Danilov I. K., Sychov A. M., Marusin A. V.* Mathematical modelling of processes of the built in system of technical diagnostics of diesel engines

20 *Mironova V. V.* Dynamic processes of the car hitting on step-shaped obstacles

Practice

27 *Kozlovskiy V. N., Kireev K. V., Petrovski S. V.* Diagnostic classification system of the causes of the excess electromagnetic interference of the car

32 *Lebedev D. V., Antropov B. S.* Methods to reduce the complexity of vehicle maintenance

Transportation complex

35 *Faskhiev Kh. A., Krakhmaleva A. V.* Increase of efficiency of operation of trucks on international transport

40 *Stolyarov V. V., Schegoleva N. V., Kochetkov A. V.* Defining the input parameters for the mathematical model loss risk assessment information

Security

45 *Kramarenko B. A.* Individual approach in russian regions to quality control of technical consists of vehicles

Press tour

46 *Decade*

47 *Systems* for logistics

The journal is included in the list approved by the WAC RF publishers for publications of papers candidates degrees http://perechen.vak2.ed.gov.ru/
System of Russian Science Citation Index www.elibrary.ru.
Five-year impact factor INDEX 2015 — 0.208.
Place in rating of SCIENCE INDEX for 2014, on the theme "Transport" — 11; on the theme of "Engineering" is 44.
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9777
Information on the site "Autotransportnik.ru"

УДК 629.113.539.538

А. С. Гребенников, д-р техн. наук, профессор, **С. А. Гребенников,** канд. техн. наук, доцент,
А. С. Обельцев, аспирант, ФГБОУ ВО "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.", Россия, Саратов
E-mail: asg@sstu.ru

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЯ

Анализируются причины неравномерного изменения технического состояния элементов автомобиля и их влияние на ресурс агрегата. Приводятся результаты экспериментальных исследований и аналитические зависимости оценки неравномерности изнашивания одноименных элементов в агрегатах и системах автомобиля.

Ключевые слова: *автомобиль, агрегат, неравномерность, техническое состояние, структурный параметр.*

The reasons of uneven change of technical condition of elements of the car and their influence on a unit resource are analyzed. Results of pilot studies and analytical dependences of an assessment of unevenness of wear of the elements of the same name are given in units and systems of the car.

Keywords: *car, unit, unevenness, technical condition, structural parameter.*

Неравномерное изменение технического состояния совокупности элементов транспортной техники с ДВС объективно неизбежно из-за невозможности создания начальных и последующих условий их функционирования, которые привели бы к одинаковому результату в будущем для всех степеней свободы (один из выводов второго начала термодинамики [14]). Количественно техническое состояние элемента автомобиля определяется путем сравнения текущих значений структурных и диагностических показателей, отражающих величины износа, усталостных разрушений, деформаций, физико-химических и иных изменений, в том числе технико-эксплуатационных характеристик, с предельными их значениями.

Неравномерность изменения технического состояния элементов автомобиля рассматривается в двух ипостасях. Сущность первой заключается в нелинейной зависимости приращений структурных показателей в элементах автомобиля относительно наработки на всем периоде их работоспособного состояния; второй — в оценке неравномерности технических состояний взаимосвязанных деталей и сопряжений одной конструкции (одноименных), функционирующих в конкретном механизме автомобиля, которая определяется разностью их структурных или рабочих показателей на определенном его пробеге.

Неравномерность изменения технического состояния элементов автомобиля по мере увеличения пробега l наиболее полно отражает физические основы трибологических процессов, происходящих в сопряжениях автомобиля, зависимость [1]

$$S = S_0 e^{bl}, \tag{1}$$

где S — текущее значение структурного параметра (зазора); S_0 — значение структурного параметра после этапа приработки; b — коэффициент интенсификации изнашивания.

Количественную оценку неравномерности технического состояния по структурным показателям одноименных элементов автомобиля осуществляют по:

— максимальной разности значений их износа на определенном пробеге

$$\Delta S_{\max(l)} = S_{\max} - S_{\min}; \tag{2}$$

— коэффициенту неравномерности износа [4]

$$\delta = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{\overline{S}}, \tag{3}$$

где $S_{\max}$, $S_{\min}$, $\overline{S}$ — соответственно значения максимального, минимального и среднего износа одноименных деталей.

Семейство зависимостей (1) для всей совокупности элементов автомобиля, характеризующих размах

их технических состояний, является важной качественной характеристикой его надежности. Через совокупность показателей формируются группы, близкие по интенсивности изнашивания деталей, механизмов, и назначаются режимы (периодичность, перечень операций и трудоемкость) проведения регламентных ремонтно-восстановительных работ. Чем меньше различия изменяющихся показателей состояний элементов в группах однотипных автомобилей, тем с большей эффективностью можно планировать и проводить профилактические мероприятия — ТО и предупредительные ремонты, назначенная периодичность которых в таком случае будет оптимальной для большинства автомобилей. Наоборот, высокая вариация показателей надежности элементов в группах автомобилей одной модели значительно снижает эффективность профилактической составляющей технических воздействий в рамках существующей планово-предупредительной системы ТО и ремонта автотранспортных средств.

В Положении о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта неравномерность изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации (в относительных долях пробега до КР и после) корректируется только последовательным увеличением коэффициентов нормативных значений удельной трудоемкости и времени простоя в ТО и ремонте. Эти скорректированные показатели, во-первых, не учитывают сложившуюся индивидуальную флуктуацию технических состояний элементов конкретных автомобилей;

во-вторых, предусмотренное по мере выработки ресурса автомобиля, нарастание трудоемкости всех видов технических воздействий не компенсирует снижения безотказности изношенных агрегатов — частота отказов повышается в 3...6 раз;

в-третьих, не соответствуют реальным значениям по динамикам изменения материальных и трудовых затрат после выполнения основным агрегатам автомобиля капитального ремонта.

Индивидуальное реагирование на динамику изменения технического состояния конкретных элементов автомобиля, введение гибких нормативов периодичности и трудоемкости технических воздействий с учетом динамик фактического состояния автомобиля является одним из основных путей повышения эффективности управления работоспособностью автомобилей.

Такой подход требует решения ряда специфических задач, которым до настоящего времени уделялось недостаточно внимания. Одна из них считается наиболее сложной и трудной. Это — прогнозирование технического состояния конкретных объектов, когда они находятся в цепи взаимосвязанных элементов автомобиля, функционирование одноименных деталей с различной степенью износа или неравномерностью величин других параметров.

Касаясь данного вопроса, отечественные и зарубежные исследователи едины в одном: в процессе эксплуатации автомобиля показатели надежности новых (замененных при ремонте) элементов ухудшаются, когда они работают во взаимодействии с изношенными. Приводятся относительные оценки снижения ресурса замененных элементов в автомобиле к первоначальным ресурсам этих деталей или агрегатов до их замены. При этом в большинстве работ не вскрываются количественные взаимосвязи фактической степени использования ресурса сопряженных деталей при наступившем отказе с первоначальными исходными значениями, их структурными параметрами и макрогеометрическими отклонениями.

Детальный анализ работ [5, 7—9, 12] показал, что при равных, близких к номинальным значениям, исходных структурных параметрах в одноименных сопряжениях ДВС, в процессе эксплуатации работоспособное состояние подшипников коленчатого вала и деталей цилиндропоршневой группы сохраняется дольше, а предельные зазоры, приводящие к отказу соответствующих элементов ДВС, имеют максимальные значения. Другими словами, единого жесткого норматива упреждающих или предельных значений структурного, диагностического или иного параметра для конкретного объекта, который состоит из нескольких одноименных элементов, чьи сопряжения имеют различную совокупность зазоров (износов), не существует, есть только достаточно широкая область их вероятностного распределения.

По этой причине прогнозируемую оценку значений параметров, характеризующих работоспособные состояния взаимосвязанных элементов конкретно взятого автомобиля, необходимо определять не по результатам сравнения полученных данных с усредненными статистическими значениями каждого из них, а с учетом неравномерности их износа. Для этого необходимо знать причинно-следственные связи, вызывающие неравномерность состояний элементов автомобиля, дать им количественные оценки и возможные пути их уменьшения на всех стадиях жизненного цикла.

Причины неравномерного изменения технического состояния одноименных деталей в процессе эксплуатации автомобилей классифицируют на:

— конструктивные, определяющиеся неизбежной исходной неравномерностью распределения механической, тепловой, электрической и иной напряженности по одноименным деталям системы "ДВС — трансмиссия — ходовая часть" вследствие конструктивных особенностей передачи кривошипно-шатунным механизмом крутящего момента и различий в их пространственной ориентации относительно осей симметрии агрегатов и автомобиля в целом (внутренняя — внешняя, верхняя — нижняя, левая — правая, передняя — задняя);

— технологические, вызванные неоднородностью структуры исходного материала заготовок; отклонениями в пределах допусков значений геометрических размеров деталей от номинальных при изготовлении и взаимного положения при сборке; различиями поверхностных свойств упрочняющих обработок, покрытий; остаточной неуравновешенностью масс вращающихся элементов;

— эксплуатационные — по причине отличий трибологических и рабочих процессов в одноименных сопряжениях и узлах автомобиля вследствие широкого разнообразия природно-климатических и дорожных условий эксплуатации в России, а также изменения структурных и регулировочных параметров вследствие неизбежных деформаций несущих элементов и недоброкачественного выполнения технических воздействий.

Именно различные сочетания величин исходных зазоров, деформаций несущих элементов, масс подвижных деталей или смещений геометрических осей в одноименных сопряжениях по-разному сказываются на условиях их работы в составе агрегата; при одинаковой наработке нередко отмечается существенная разница в показателях износа. В табл. 1 приведены значения коэффициента вариации *V* износа одноименных элементов трех двигателей КАМАЗ-740 автомобилей КАМАЗ-5410 одной даты выпуска, имеющих пробег 120 тыс. км и работающих в одинаковых условиях.

Сравнивая коэффициенты вариации *V* износа одноименных элементов 0,15...0,68 двигателей КАМАЗ-740 с известной вариацией их ресурса 0,32...0,39 [6], можно утверждать об их функциональной зависимости: чем выше флуктуация технических состояний в одноименных сопряжениях, тем меньше степень реализации потенциального ресурса механизма, в состав которого они входят.

Средние значения показателей коэффициента вариации *V* могут быть еще выше, если рассматривать совокупность результатов микрометрирования

Таблица 1

Значения коэффициента вариации *V* величин износа элементов двигателей КАМАЗ-740

Элементы двигателя	Значения коэффициента вариации *V* одноименных элементов ДВС		
	№ 1	№ 2	№ 3
Шатунные подшипники	0,43	0,28	0,15
Коренные подшипники	0,50	0,37	0,27
Первые компрессионные кольца	0,42	0,38	0,37
Гильзы цилиндров	0,66	0,57	0,45
Поршни	0,36	0,29	0,27
Кулачки распределительного вала			
впускных клапанов	0,68	0,34	0,37
выпускных клапанов	0,59	029	0,30

износа одноименных сопряжений группы двигателей одной модели, поступивших в ремонт без учета пробега (рис. 1 и 2).

Подобные отклонения технического состояния деталей характерны и для одноименных элементов ТНВД, свечей зажигания (рис. 3), ходовой части, шин и аккумуляторных батарей [1—14].

В отсутствии учета индивидуальных отличий размеров деталей, суммирование погрешностей изготовления и сборки элементов КШМ (по ГОСТ 16320—80) даже по техническим условиям Заволжского моторного завода показало [4]: возможная разность значений зазоров между голов-

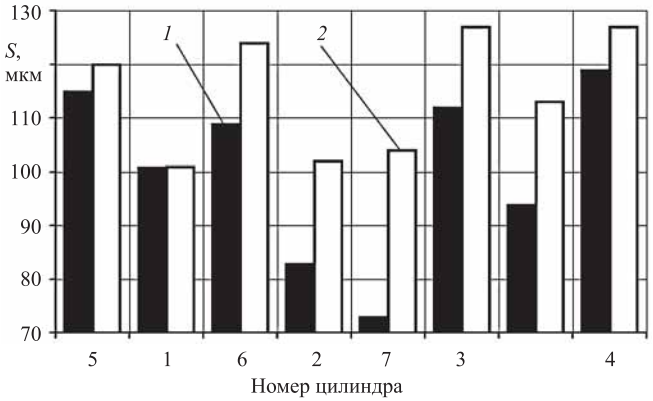


Рис. 1. Распределение значений среднего износа *S*:

1 — верхних шатунных вкладышей; *2* — шатунных шеек по порядковым номерам 1...8 цилиндров двигателя КАМАЗ-740 [6]

кой блока и днищем поршня цилиндров двигателя ЗМЗ-402.10 может колебаться от 0 до 0,41 мм. Такой разброс значений данного параметра соответствует отклонениям степени сжатия по цилиндрам ДВС ±0,2 единиц номинального значения. Для двигателей ВАЗ-2108 аналогичный показатель равен 0,6 (±0,3), у дизелей отклонения степени сжатия по отдельным цилиндрам могут быть выше 0,6. По данным Владимирского тракторного завода реальная геометрическая степень сжатия у новых ДВС находится в пределах 15,5...17,6 и только у 60 % дизелей она составляет наиболее желаемую, номинальную величину 16,5...17,0.

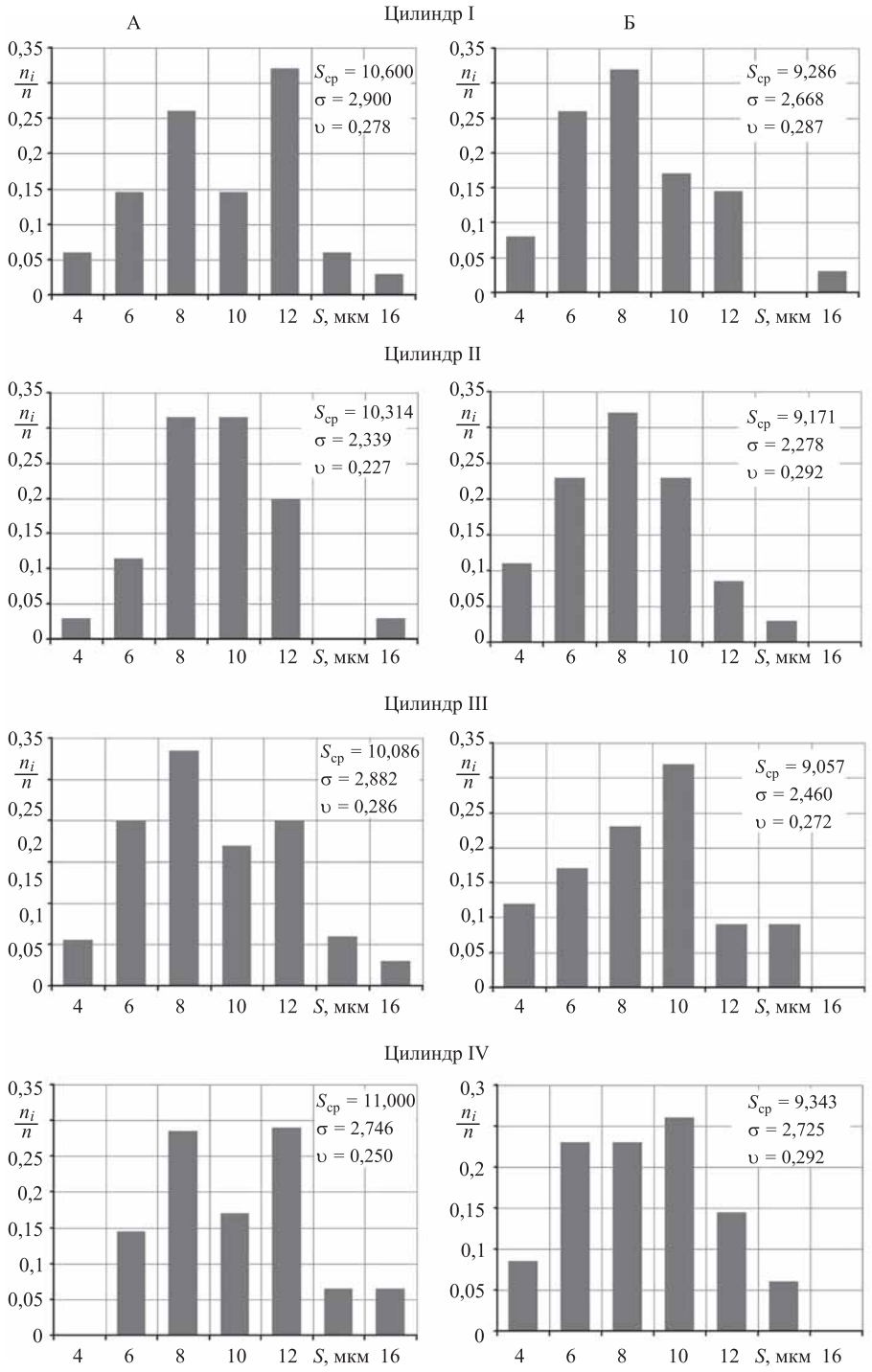


Рис. 2. Показатели неравномерности изнашивания цилиндров двигателя ВАЗ-21083 в ВМТ по осям А и Б:

$S_{ср}$ — среднее значение износа, мкм; σ — среднеквадратическое отклонение, мкм; υ — коэффициент вариации

Полагая, что зависимость изменения интенсивности изнашивания цилиндров ДВС от степени сжатия близка к линейной, а разность значений степеней сжатия по цилиндрам на 0,1 ед. вызывает разницу в значениях их интенсивности изнашивания на 2...3 % [5], становится очевидным, что только по этой причине неравномерность износа цилиндров по двигателю может превысить 10 %. Интенсивность изнашивания элементов ДВС увеличивается вследствие дефектов пространственной ориентации коленчатых валов (биение коренных шеек, изменение радиуса кривошипа и угловое смещение осей шатунных шеек), вызванных деформацией постелей блока цилиндров. Не случайно многие зарубежные фирмы уделяют внимание разработкам устройств систем питания с непосредственным регулированием угла опережения подачи топлива в цилиндры с учетом реального расположения кривошипа коленчатого вала.

Тем не менее показатели неравномерности значений компрессии, степени сжатия, пространственной геометрии коленчатых валов и других величин по различным цилиндрам двигателя не регламентируются действующим ТУ на приемосдаточных испытаниях ДВС [10].

Помимо технологических причин, другим существенным факто-

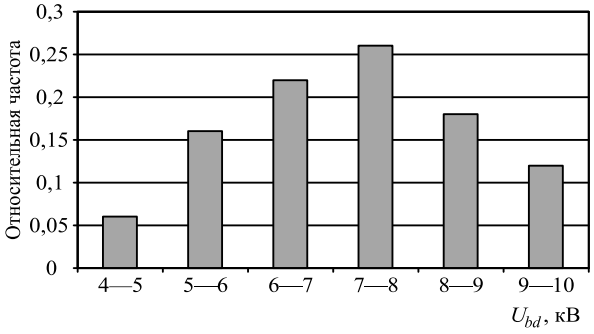


Рис. 3. Гистограмма распределения значений пробивного напряжения U_{bd} в свечах зажигания двигателя ВАЗ-21083 (n = 800 мин$^{-1}$)

ром неравномерного изнашивания одноименных деталей ДВС являются различия условий работы вследствие несовершенства конструкции систем смазки, охлаждения, воздухо- и топливоподачи. При одинаковых технологических погрешностях интенсивность изнашивания ЦПГ автотракторных двигателей в крайних цилиндрах выше, чем в средних [3—6, 8], вследствие более контрастного режима охлаждения поверхности гильз и значительной относительной доли проникающих в них абразивных частиц, находящихся в воздушно-топливной смеси. Так, например, асимметричность воздушных потоков во впускных коллекторах двигателя КАМАЗ-740 способствует концентрации абразивных частиц в "тупиковых" 1 и 5 цилиндрах, поэтому их ресурс на 40 % ниже и является определяющим при назначении ремонта.

Значения износа одноименных элементов ЦПГ других ДВС также отличаются высокой неравномерностью. Коэффициент вариации превышает 0,6. В качестве примера на рис. 4 представлены графики износа цилиндров и поршневых колец тракторного дизеля иностранного производства мощностью N_e = 27,7 кВт при n = 1900 мин$^{-1}$, заимствованные из работы [13]. Как видно из рисунка, неравномерность изнашивания элементов ЦПГ двигателя в процессе эксплуатации увеличивается. При этом каждый элемент сохраняет свою позицию по интенсивности изнашивания, установившуюся после приработки. Такой же вывод следует из анализа экспериментальных данных других источников [5, 6, 8].

Расположение и порядок работы цилиндров двигателя, особенности размещения маслоподводящих каналов смазочной системы являются конструктивными факторами, определяющими неравномерность изнашивания подшипников коленчатого вала. Известно, что нагруженность шатунных подшипников рядных двигателей выше, чем коренных. Для V-образных, наоборот, коренные опоры являются более нагруженными. Учитывая, что износ шатунных подшипников равномернее, а допустимые зазоры в них выше, чем в коренных, то для большинства автотракторных двигателей ресурс коленчатого вала до ремонта определяется износом коренных подшипников. Отмеченный многими исследователями преобладающий износ средних коренных подшипников коленчатого вала двигателей вызван тем, что они имеют наибольшую нагруженность [1, 5, 8]. Отличия нагрузок на коренные опоры достигают 40 % и определяются сочетанием газовых и инерционных сил, передаваемых на кривошипы коленчатого вала в соответствии с порядком работы цилиндров.

У V-образных восьмицилиндровых двигателей с порядком работы цилиндров 1-5-4-2-6-3-7-8 основной причиной относительно более высоких нагрузок на четвертый коренной подшипник является последовательная работа 7 и 8 цилиндров. Для этих двигателей уменьшение неравномерности распределения усилий на коренные подшипники может быть достигнуто изменением порядка работы цилиндров с традиционного 1-5-4-2-6-3-7-8 на 1-5-7-2-6-3-4-8 или 1-3-7-2-6-5-4-8 (для двигателей со смещенным левым рядом цилиндров) и на 1-5-4-8-6-3-7-2 — со смещенным вперед правым рядом цилиндров [14]. В США порядок работы у V-образных восьмицилиндровых двигателей со смещенным левым рядом цилиндров 1-8-4-3-6-5-7-2. Изменение порядка работы цилиндров позволит

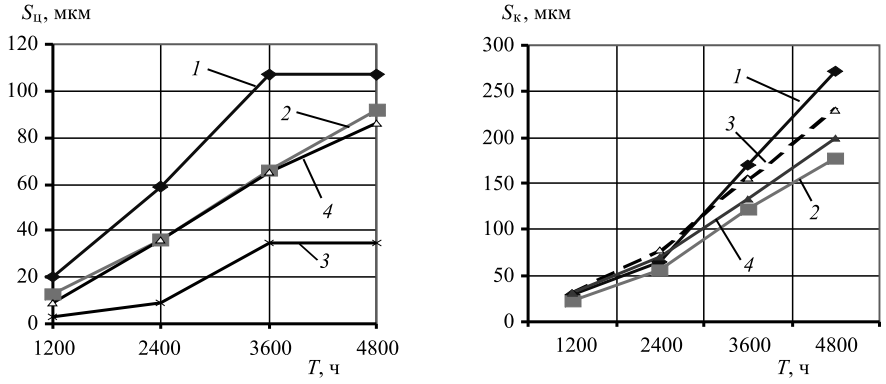


Рис. 4. Зависимость износа цилиндров $S_ц$ и поршневых колец $S_к$ двигателя от наработки T: *1...4* — номера цилиндров

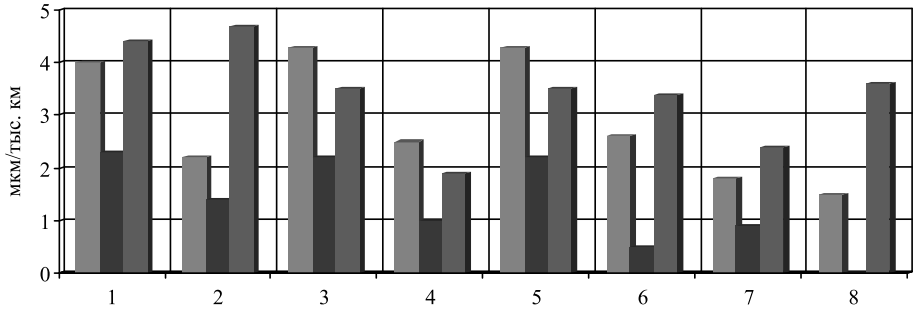


Рис. 5. Средняя интенсивность изнашивания цилиндров двигателя 8Ч 10/9,5 последовательно в сезоны: летом, зимой, следующим летом:
1...8 — номера двигателей

разгрузить максимально нагруженный четвертый коренной подшипник на 8...10 %.

Неравномерность изнашивания деталей зависит от температурных изменений окружающей среды и, связанные с этими показателями, условий эксплуатации автомобиля. Высокая концентрация пыли в воздухе в весенне-летние месяцы повышает неравномерность интенсивности изнашивания гильз цилиндров и поршневых колец в 2 и более раз (рис. 5).

Неравномерность изменения технического состояния самых дорогостоящих элементов автомобиля — шин и АКБ — в зависимости от температурных колебаний приводит к заключению, что их ресурс необходимо корректировать в зависимости от сезона (зима — лето) начала их эксплуатации. Особенно важно учитывать температурный режим окружающего воздуха для автобусов, автомобилей такси и грузовых автомобилей, имеющих годовые пробеги больше, чем ресурс шин (на рис. 6 цифрами *1*, *2*, *3* обозначены среднесуточные пробеги автомобилей-такси, выраженные через соответствующие режимы работы: одно-, двух- и трехсменный). Зависимость ресурса АКБ от времени начала эксплуатации противоположна: наилучшее время постановки новой АКБ — весенне-летний сезон.

Неравномерность износа элементов тормозных механизмов переднеприводных легковых автомобилей как отечественного производства, так и иностранных возрастает в процессе эксплуатации под влиянием совокупности следующих факторов:

— отличия режимов работы внутренней и внешней тормозных накладок по причине различий усилий прижатия, теплового и атмосферного воздействий окружающей среды вследствие их конструктивного исполнения;

— с увеличением пробега автомобиля происходит неравномерное изнашивание рабочей поверхности тормозного диска по высоте по причине разности угловых скоростей на элементарных площадках зоны контакта с тормозной накладкой. Эти различия с уменьшением толщины тормозного диска повышают тепловую напряженность зоны трения и, как следствие, приводят к короблению (деформации) диска, перегреву тормозных накладок, что вызывает уменьшение площади контакта тормозных элементов и увеличивает интенсивность их износа, а также равномерность и эффективность торможения. В табл. 2 показаны доверительные границы среднего ресурса тормозных накладок различных транс-

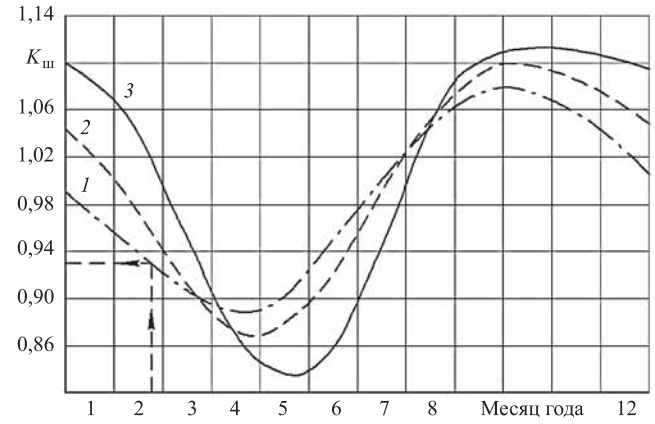


Рис. 6. Относительное среднесуточное изменение ресурса $K_ш$ шин ИД-220 автомобилей "Волга" ГАЗ-24-11 в зависимости от температурных колебаний окружающей среды по месяцам года

Таблица 2

Средний ресурс тормозных накладок транспортных средств

Тип транспортного средства	Доверительные границы $R_{ср.э}$, тыс. км	
	Нижняя	Верхняя
ГАЗ-3221	13,1	14,5
ВАЗ-2110, 2115	13,7	35,3
КАМАЗ-5320	54,0	98,0
Икарус-280	34,8	74,2
Mercedes Benz 0 302 S	19,6	48,0
МАЗ-64229	36,5	91,9

портных средств, эксплуатирующихся в городских условиях.

Неравномерность технического состояния одноименных элементов ходовой части, передней подвески объясняется асимметричностью распределения динамических нагрузок и интенсивности воздействия пыли, влаги между правой и левой сторонами автомобиля, худшего состояния правой обочины дороги (неровности, выбоины, наличие дорожной крошки, гравия, щебня) и некоторого наклона дорожного полотна вправо. В результате элементы правой части автомобиля эксплуатируются в заведомо худших условиях. Этому свидетельствуют данные табл. 3 [2], где приведена номенклатура деталей кузова автомобилей ВАЗ, подверженных коррозионным разрушениям, вызванных, главным образом, механическими повреждениями защитных покрытий от ударов твердых частиц, вылетающих из-под колес.

Место установки шин (с левой или с правой стороны автомобиля), на какой из осей (управляемой, ведущей или ведомой) она расположена, также играет определяющую роль в степени неравномерности изнашивания протектора (рис. 7). Разность износа протектора шин, эксплуатирующихся на одном автомобиле, по этим причинам достигает 40 % и более.

Правила эксплуатации автомобильных шин предписывают соблюдать давление воздуха в правых и левых шинах одноименных мостов автомобилей одинаковыми и вполне определенными в течение всего срока эксплуатации. Это требование основано

Таблица 3

Неравномерность коррозионной стойкости деталей кузова

Элемент кузова	Доля деталей по сторонам автомобиля, число/%	
	Слева	Справа
Лонжерон с брызговиком	229/24,8	232/25,2
Крыло переднее	273/29,6	270/29,3
Крыло заднее	258/28,0	263/28,5
Арка наружная	101/10,9	114/12,4
Арка внутренняя	52/5,6	53/5,7
Дверь передняя	250/27,14,0	253/27,4
Дверь задняя	238/25,8	244/26,4
Боковина кузова	201/21,8	205/22,2
Лонжерон задний	29/3,1	30/3,2

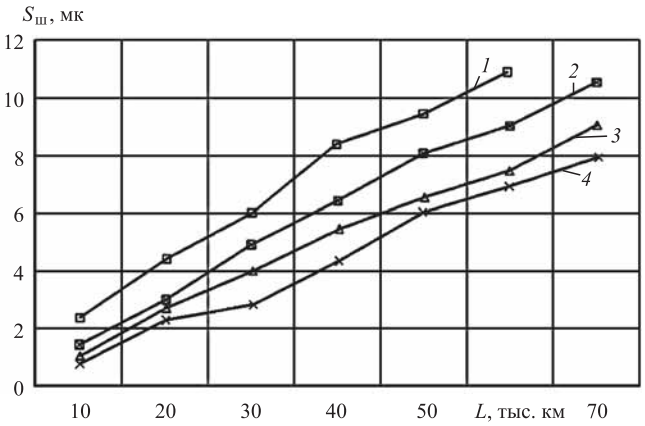


Рис. 7. Износ $S_ш$ шин 240-580Р автомобиля ГАЗ-53А по пробегу *L*:

1, *2* — соответственно левое и правое колеса управляемой оси; *3*, *4* — соответственно задние (ведущие) левые и правые сдвоенные колеса

на предложении о том, что сила веса неподвижного или движущегося по ровной опорной поверхности автомобиля распределяется на правые и левые колеса моста поровну. В действительности нагруженность шин в вертикальной плоскости может отличаться вследствие особенностей компоновки отдельных агрегатов и узлов относительно продольной оси симметрии шасси, размерных отклонений и различия характеристик упругих элементов ходовой части. Так, обследование групп автомобилей на АТП [7] свидетельствует, что разность условной стрелы прогиба правых и левых рессор автомобилей ЗИЛ-130 достигает 40 мм.

Движение автомобиля с поперечной асимметрией нормальных нагрузок приводит к различию продольных сил сопротивления движению, возникновению поворачивающего момента, боковых сил увода шин, и соответственно — к неравномерному износу.

Рассмотренные примеры неравномерного изнашивания одноименных элементов ДВС и других агрегатов автомобиля в силу теоретически обоснованных или выявленных в процессе эксплуатации причин конструктивного порядка имеют некоторую детерминированность, т. е. определенность места расположения "слабых" элементов, интенсивность изнашивания которых превалирует над другими одноименными сопряжениями.

Однако в большинстве случаев интенсивно изнашивающийся элемент в цепи одноименных звеньев занимает разные места. С приблизительно равной вероятностью отказа работают плунжерные пары и

кулачковые валы ТНВД, форсунки, свечи зажигания и многие другие одноименные детали.

Из 110 обследованных распределительных валов двигателей 3МЗ 4Ч 9,2/9,2 максимальный износ имели кулачки выпускных клапанов IV (22 %) и I (14 %) цилиндров. У 16 распределительных валов (15 %) имели допустимые износы менее 0,6 мм по высоте по всем кулачкам, что указывает на реальность достижения равностойкости изнашивания данной детали.

Помимо рассмотренных конструктивных и технологических факторов, определяющих исходную неравномерность технического состояния одноименных элементов автомобиля, на дальнейшее ее развитие оказывает влияние сфера технической эксплуатации, главным образом, через своевременность и качество выполнения работ по ТО и ТР (рис. 8).

Особое внимание следует уделять контролю равномерности рабочих процессов в одноименных элементах систем и механизмов ДВС, технико-экономические показатели которого (уровень шума и вибрации, расход топлива, содержание канцерогенных веществ в отработавших газах, мощность, интенсивность изнашивания элементов двигателя), ухудшаются с увеличением неравномерности работы цилиндров.

По данным СибИМЭ и [3] эффективная мощность двигателя с неравномерным распределением мощности по цилиндрам на 3...5 % ниже, чем у отрегулированного, а удельный расход топлива соответственно увеличен на 6...8 %, что приводит к неравномерному износу деталей КШМ и сокращению ресурса двигателя.

Увеличенная неравномерность работы цилиндров [3] негативно отражается на внутрицикловых колебаниях крутящего момента во всех элементах системы "ДВС — трансмиссия", снижая технико-экономические и экологические показатели автомобиля [4].

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

— на основе экспериментальных данных показателей технического состояния одноименных элементов, входящих в состав ЦПГ, КШМ, МГР, систем питания, сцепления ДВС, тормозной системы, других механизмов автомобиля отмечена системная

Рис. 8. Причинно-следственные связи неравномерного износа сопряжений и пути его снижения в одноименных элементах ДВС

неравномерность их изнашивания в процессе эксплуатации, влияющая на технико-экономические показатели и ресурс; отмечено, чем выше флуктуация технических состояний в одноименных сопряжениях, тем меньше степень реализации потенциального ресурса механизма, в состав которого они входят;

— неодинаковое техническое состояние одноименных элементов автомобиля является следствием разницы исходных значений параметров шероховатости, отклонений форм и расположения поверхностей, механической и тепловой напряженности отдельных деталей, рабочих процессов в одноименных звеньях, обусловленных их конструкцией, технологией изготовления и сборкой; индивидуальная совокупность отклонений структурных параметров для каждого одноименного сопряжения ДВС определяет различные условия трения и изнашивания, поэтому необходимо регламентировать технические условия на приемосдаточные испытания двигателей по показателям неравномерности значений компрессии, степени сжатия по цилиндрам, пространственной геометрии коленчатых валов и других величин;

— анализ причинно-следственной связи неравномерности изнашивания одноименных элементов с конструктивными, технологическими и эксплуатационными факторами показывает, что перенос среднестатистических нормативов технической эксплуатации на подобные объекты без учета фактической неравномерности изменения технического состояния, входящих в них одноименных деталей и сопряжений, не является оптимальным управляющим решением при выполнении технических воздействий автомобилю;

— исследования физической природы причинно-следственных связей и факторов, вызывающих неравномерность изменения технического состояния одноименных элементов автомобиля, способствуют целенаправленной разработке мероприятий, направленных на устранение или уменьшение неравномерности изнашивания деталей в агрегатах и системах автомобиля, а следовательно, являются важными резервами повышения эффективности эксплуатации автомобиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Авдонькин Ф. Н.** Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей / Ф. Н. Авдонькин. М.: Транспорт, 1985. — 215 с.
2. **Звягин А. А.** Автомобили ВАЗ: Изнашивание и ремонт / А. А. Звягин, М. А. Масин, А. М. Мотин, Б. В. Прохоров; Под ред. А. А. Звягина. — Л.: Политехника, 1991. — 255 с.
3. **Ждановский Н. С.** Надежность и долговечность автотракторных двигателей / Н. С. Ждановский, А. В. Николаенко. — Л.: Колос, Ленингр. отд-ние, 1974. — 223 с.
4. **Гребенников А. С.** Неравномерность изнашивания одноименных элементов двигателя внутреннего сгорания и его ресурс / А. С. Гребенников, С. А. Гребенников // Двигателестроение. — 2005. № 2. — С. 3—9.
5. **Григорьев М. А.** Износ и долговечность автотракторных двигателей / М. А. Григорьев, Н. Н. Пономарев. — М.: Машиностроение, 1976. — 248 с.
6. **Денисов А. С.** Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей / А. С. Денисов. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. — 352 с.
7. **Коваленко П. Г.** Способ улучшения эксплуатационных свойств автомобиля / П. Г. Коваленко // Автомобильный транспорт: Республиканский межвед. науч.-техн. сб. Вып. 23. — Киев: Техника. — 1986. — С. 33—37.
8. **Назаров А. Д.** Дисбалансы автотракторных двигателей: определение и нормирование / А. Д. Назаров. — М.: Машиностроение. — 1992. — 272 с.
9. **Непомилуев В. В.** Исследование возможностей повышения качества сборки путем индивидуального подбора деталей / В. В. Непомилуев, Е. А. Майорова // Сборка в машиностроении, приборостроении. — 2006. № 10. — С. 43—46.
10. **Осипов К. Н.** Совершенствование методики приемосдаточных испытаний ДВС после сборки на основе зависимостей между диагностическими параметрами / К. Н. Осипов, Е. Л. Первухина, Ю. Л. Рапацкий // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2011. № 2. С. 93—99.
11. **Проников А. С.** Параметрическая надежность машин / А. С. Проников. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 560 с.
12. **Санинский В. А.** Групповая идентифицированная сборка вкладышей коренных подшипников скольжения с коренными опорами и коленчатым валом ДВС / В. А. Санинский // Вестник машиностроения. — 2006. № 4. — С. 31—36.
13. **Тартаковский И. Б.** Полное уравнение износа цилиндров и поршневых колец / И. Б. Тартаковский // Тракторы и сельхозмашины. — 1969. № 1. — С. 9—11.
14. **Тененбаум М. М.** Сопротивление абразивному изнашиванию / М. М. Тененбаум. — М.: Машиностроение, 1976. — 271 с.
15. **Prigogine J.** From being to becoming: time and complexity in the physical sciences / J. Prigogine. — San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1980. — 327 p.

УДК 629.331

И. В. Денисов, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО "Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых", e-mail: denisoviv@mail.ru,
А. А. Смирнов, магистрант, e-mail: AlexiFoX@yandex.ru, ГБПОУ ВО "Владимирский строительный колледж"

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФРИКЦИОННОЙ НАКЛАДКИ ВЕДОМОГО ДИСКА СЦЕПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ LADA KALINA В ГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

Представлены результаты исследования эксплуатационной надежности фрикционной накладки ведомого диска сцепления автомобиля Lada Kalina. Данная информация получена путем анализа отказов автотранспортных средств в гарантийный период эксплуатации, зарегистрированных на основании обращений автовладельцев на предприятиях сервисно-сбытовой сети ОАО "АвтоВАЗ" во Владимирской области. Установлено, что средняя наработка до отказа анализируемой детали составила 14,8 тыс. км, а ее распределение подчиняется экспоненциальному закону.

Ключевые слова: *фрикционная накладка, ведомый диск сцепления, надежность, Lada Kalina.*

The results of the study of operational reliability of the friction lining of the car driven clutch disc Lada Kalina. This information is obtained by analyzing the failures of motor vehicles during the warranty period of operation, registered on the basis of complaints of car owners in the enterprise sales and service network of the plant, "AvtoVAZ" in the Vladimir region. It was found that the average time to failure of the analyzed items was 14.8 thous. km, and its distribution is subject to an exponential law.

Keywords: *friction lining, clutch disc, reliability, Lada Kalina.*

Сцепление автотранспортного средства (АТС) является одним из важнейших элементов, входящих в конструкцию трансмиссии. Данный узел отвечает за непосредственную передачу крутящего момента от двигателя внутреннего сгорания к ведущим колесам автомобиля, плавное трогание АТС с места, безударное переключение передач, а также предохранение деталей трансмиссии от возникающих вследствие резкого изменения частоты вращения коленчатого вала перегрузок.

При этом необходимо учитывать, что особенности эксплуатации сцепления транспортной машины связаны с постоянными силовыми и температурными воздействиями, под влиянием которых происходит износ деталей, изменение их жесткостных свойств и геометрических размеров [3].

Вышеуказанные факторы часто приводят к снижению надежности рассматриваемого узла, вследствие чего ухудшается управление АТС, повышается расход топлива, а также возникают различные неисправности.

Проведенные в работе [2] исследования надежности трансмиссии автомобиля Lada Kalina показали, что массовыми дефектами сцепления данного АТС являются: износ фрикционной накладки ведомого диска, заниженный ход нажимного диска, шум выжимного подшипника, коробление ведомого диска сцепления и нарушение его подвижности на шлицах (табл. 1).

Особое внимание обращает на себя ведомый диск сцепления, износ фрикционных накладок которого наблюдается у автомобилей, имеющих среднюю наработку 14,8 тыс. км. В случае возникновения подобной неисправности в процессе эксплуатации АТС возможно появление шумов при включении сцепления, рывков при трогании автомобиля с места и пробуксовки сцепления, приводящей к снижению тяговых свойств транспортной машины. Поэтому анализ изменения технического состояния данного узла представляет научный интерес при проведении исследований надежности агрегатов трансмиссии.

Как отмечалось выше, отказы фрикционных накладок ведомого диска сцепления автомобиля Lada Kalina лимитируют его надежность, поэтому **целью настоящего исследования** является установление показателей их безотказности и долговечности с использованием аппарата математической статистики.

Таблица 1

Массовые дефекты трансмиссии автомобиля Lada Kalina

№ п/п	Наименование дефекта	Количество	$\bar{X}$, тыс. км	υ	σ
1	Дефект датчика скорости	164	18,8	0,62	11,7
2	Течь масла через сальник механизма выбора передач	155	25,6	0,42	10,7
3	Износ фрикционной накладки ведомого диска	116	14,8	0,79	11,6
4	Течь в сальник первичного вала КПП	88	17,2	0,70	11,9
5	Занижен ход нажимного диска	50	16,1	0,68	11,0
6	Течь через сальник левой полуоси	39	19,2	0,54	10,4
7	Течь через сальник правой полуоси	33	21,1	0,49	10,4
8	Шум на V передаче	30	13,9	0,68	9,4
9	Шум выжимного подшипника	28	18,4	0,58	10,7
10	Шум на III передаче	25	20,8	0,69	14,3
11	Шум/стук левого привода передних колес	22	21,5	0,50	10,7
12	Шум подшипника первичного вала КПП	12	18,2	0,75	13,6
13	Шум/стук правого привода передних колес	12	19,4	0,64	12,3
14	Разрушение рычага выбора передач	11	9,3	1,47	13,6
15	Шум на II передаче	6	22,6	0,62	14,1
16	Дефект шарнира привода переключения передач	5	21,4	0,40	8,7
17	Прочие дефекты	31	—	—	—

Первичная информация о наработках до отказа получена в ходе пассивного эксперимента, проводимого в период с 01.01.2011 по 30.04.2013 на базе официальных дилерских центров ОАО "АвтоВАЗ" в г. Владимире. В результате сформирован массив данных, в который попали 116 ведомых дисков с дефектами фрикционных накладок. Обработка данной информации проведена в соответствии с методикой, изложенной в работе [1].

Вот итоговые результаты исследования, включающие показатели:

— границы интервалов X_i —X_k, тыс. км;
— середины интервалов $\overline{X}_i$, тыс. км;
— частоты попадания в интервал, m_i^*;
— относительной величины частоты, W_i;
— вероятности попадания в интервал, P_i;
— теоретические частоты попадания в интервал, m_i;
— квадраты отклонений, $\frac{\left(m_i^* - m_i\right)^2}{m_i}$;
— вероятности безотказной работы, $P\left(\overline{X}_i\right)$;
— вероятности отказа узла, $F\left(\overline{X}_i\right)$;
— плотности распределения вероятности, $f\left(\overline{X}_i\right)$;
— интенсивности отказов детали $\lambda\left(\overline{X}_i\right)$.

Эти показатели приведены в табл. 2.

Минимальное значение выборки $X_{\min}$ составило 620 км, а максимальное $X_{\max}$ = 48,6 тыс. км. Расчетное значение шага интервала h равнялось 6073,4 км, и для удобства дальнейших вычислений было округлено до 6,1 тыс. км. Нулевое значение интервала X_0, определяемое по выражению $X_0 = X_{\min} - h/2$, составило –2416,7. Так как наработка на отказ узлов и агрегатов АТС не может быть отрицательной, то границы первого интервала были приняты в диапазоне 0—6,1 тыс. км.

Средний ресурс анализируемой детали составил $X_{\text{ср}}$ = 14,8 тыс. км, а интенсивность отказов $\lambda = 6{,}8 \cdot 10^{-5}$ км.

Таблица 2

Результаты исследования эксплуатационной надежности фрикционной накладки ведомого диска сцепления

Функция	Интервал								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X_i—X_k	0—6,1	6—12,2	12,2—18,3	18,3—24,4	24,4—30,5	30,5—36,6	36,6—42,7	42,7—48,8	48,8—54,9
$\bar{X}_i$	3	9,1	15,2	21,3	27,4	33,5	39,6	45,7	51,8
m_i^*	32	25	25	11	12	3	4	3	1
W_i	0,276	0,216	0,216	0,095	0,103	0,026	0,034	0,026	0,009
P_i	0,345	0,229	0,151	0,100	0,066	0,044	0,029	0,019	0,012
m_i	40,100	26,580	17,618	11,678	7,741	5,131	3,401	2,254	1,494
$\frac{\left(m_i^* - m_i\right)^2}{m_i}$	1,636	0,093	3,092	0,039	2,343	0,885	0,105	0,246	0,163
$P\left(\bar{X}_i\right)$	0,654	0,425	0,273	0,172	0,105	0,061	0,032	0,012	0
$F\left(\bar{X}_i\right)$	0,345	0,574	0,726	0,827	0,894	0,938	0,967	0,987	1
$f\left(\bar{X}_i\right)\cdot 10^{-5}$	5,51	3,65	2,40	1,60	1,06	0,70	0,46	0,30	0,20
$\lambda\left(\bar{X}_i\right)\cdot 10^{-4}$	0,84	0,86	0,89	0,93	1,0	1,1	1,4	2,4	—

По данным строки *4* табл. 1 построена гистограмма распределения значений наработок до отказа фрикционных накладок ведомого диска сцепления (рис. 1).

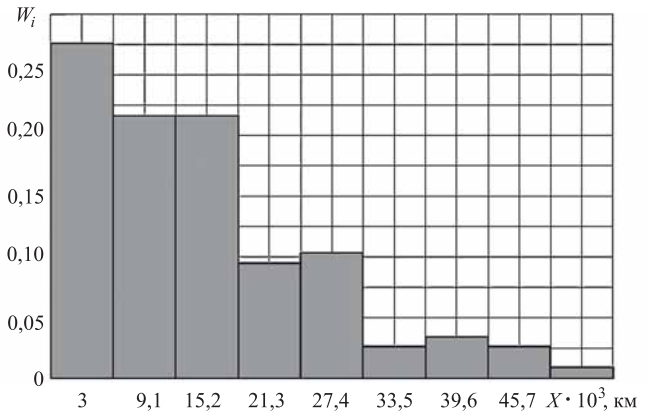


Рис. 1. Гистограмма распределения значений наработок до отказа фрикционных накладок ведомого диска сцепления автомобиля Lada Kalina

По характеру гистограммы выдвигаем гипотезу о принадлежности отказов изучаемых элементов экспоненциальному закону распределения.

Так как расчетное значение критерия Пирсона составило $\chi^2 = 8{,}6$, а табличное, при числе степеней свободы $s = 7$ и уровне значимости $\alpha = 0{,}05$, $\chi^2_{\text{табл}} = 14{,}1$, то выполняется условие $\chi^2 < \chi^2_{\text{табл}}$, следовательно гипотеза о принадлежности экспериментальных данных к экспоненциальному закону распределения принимается.

Используя значения строк *3*, *8*, *9* табл. 1, установлено распределение вероятности отказа и безотказной работы фрикционной накладки ведомого диска сцепления по наработке (рис. 2).

По данным строк *10*, *11* табл. 2 построены номограммы плотности распределения отказов (рис. 3) и зависимости интенсивности отказов (рис. 4) соответственно.

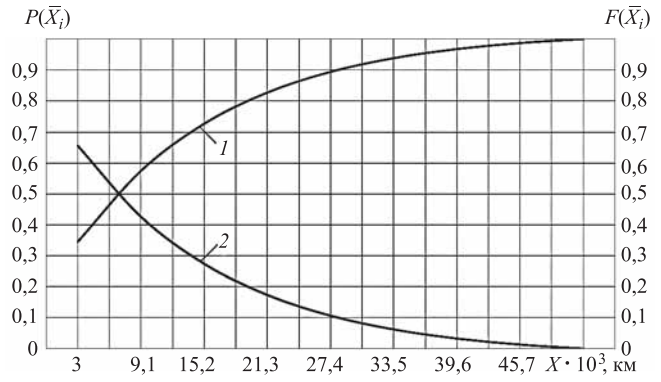


Рис. 2. График вероятности отказа (*1*) и вероятности исправной работы (*2*) фрикционной накладки ведомого диска сцепления автомобиля Lada Kalina

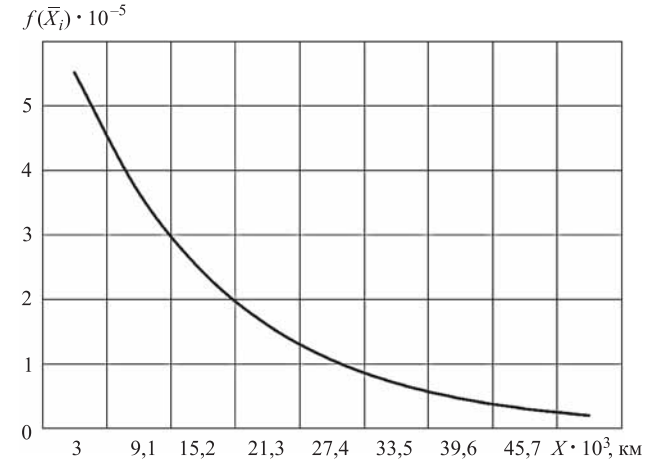


Рис. 3. Плотность распределения отказов фрикционной накладки ведомого диска сцепления автомобиля Lada Kalina

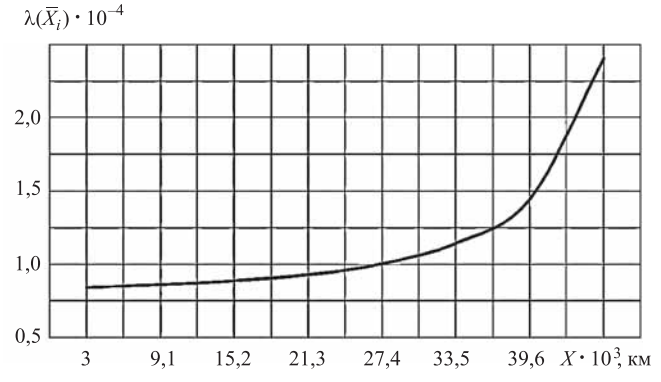


Рис. 4. Распределение интенсивности отказов фрикционной накладки ведомого диска сцепления автомобиля Lada Kalina по наработке

Вывод

По результатам исследования рассчитаны показатели надежности фрикционной накладки ведомого диска сцепления автомобилей Lada Kalina и определен теоретический закон распределения наработок. Гипотеза о принадлежности опытных данных показательному (экспоненциальному) закону распределения не отвергается, так как расчетные значения критерия согласия Пирсона удовлетворяют табличным значениям. Для показательного закона распределения случайной величины характерно возникновение внезапного отказа сложного изделия из-за единичных повреждений его деталей.

Средняя наработка до отказа анализируемой детали составила $X_{ср}$ = 14,8 тыс. км, что недопустимо мало, поскольку ресурс сцепления легкового автомобиля, заложенный конструктором, должен быть не менее 150 тыс. км. Следовательно, отказы фрикционных накладок связаны с производственными дефектами, обусловленными неполным выключением сцепления при включении передач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Баженов Ю. В.** Основы теории надежности машин: учеб. пособие / Ю. В. Баженов. — Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. — 160 с. — ISBN 5-89368-655-1.
2. **Денисов Ил. В.** Исследование надежности трансмиссии автомобиля Lada Kalina / Ил. В. Денисов, А. А. Смирнов // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства: сб. науч. тр.: в 2 ч. Ч. 2 / под общ. ред. В. В. Минина. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. — С. 443—448. ISBN 978-5-7638-3458-1.
3. **Прокопьев М. В.** Оценка изменений характеристик сцепления и привода сцепления в процессе эксплуатации легкового автомобиля / М. В. Прокопьев, В. П. Петунин, С. П. Таразанов // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. — 2014. — № 2 (20). — С. 55—58.

УДК 629.113.004

И. К. Данилов, д-р техн. наук, **А. М. Сычев,** канд. техн. наук, **А. В. Марусин,** асп.,
СГТУ имени Ю. А. Гагарина, г. Саратов
E-mail: danilovik@sstu.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДИЗЕЛЕЙ

Методом математического моделирования исследуется новый алгоритм встроенной системы технической диагностики отказов систем дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей: собственно дизеля; турбины; компрессора; регулятора частоты вращения коленчатого вала и тягового электрического генератора, с использованием их математических диагностических идентификационных моделей в среде визуального графического программирования Simulink, с целью проверки работоспособности главной подсистемы алгоритма системы технической диагностики.

Ключевые слова: *система технической диагностики; дизель; алгоритмы диагностирования; математическое моделирование.*

The method of mathematical modelling investigates new algorithm of the built in system of a technical problem diagnostics of systems of a diesel engine of a vehicle with electric power transfer: actually a diesel engine; turbines; the compressor; a regulator of frequency of rotation of a cranked shaft and the traction electric generator, with use of their mathematical diagnostic identification models in the environment of visual graphic programming Simulink, with objective of check of working capacity of the main subsystem of algorithm of system of technical diagnostics.

Keywords: *firmware system of engineering preliminary treatment; the diesel engine; algorithms of diagnosing; mathematical model operation.*

Создание и совершенствование встроенной системы электронной технической диагностики (СТД) транспортного средства с силовой электрической передачей, интеграция ее с электронной системой автоматического регулирования и управления (САУ) дизеля является в настоящее время актуальной задачей [1—3]. Совершенствование конструкций современных СТД дизелей осуществляется, как правило, на основе увеличения количества диагностируемых переменных и параметров, внедрения новых дополнительных функций (оптимизации статических режимов работы дизеля, адаптации к изменению параметров подсистем дизеля и пр.), степени автоматизации, при повышении требований к информативности и точности, эффективности взаимного функционирования САУ и СТД.

Предлагаемая конструкция встроенной СТД может в режиме реального времени обеспечить повышение информативности и точности контроля технического состояния дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей. СТД содержит три диагностических алгоритма, которые осуществляют оценку отказов подсистем дизеля по статическим контролируемым показателям и показателям, измеряемым в переходных процессах, накопление выборок которых позволяет провести прогноз изменения технического состояния систем дизель-генератора, т.е. диагностирование дизель-генератора в целом.

Технический прогресс в автомобильном транспорте связан с созданием и использованием более сложных, совершенных и мощных дизелей с электронными системами автоматического регулирования частоты вращения (САРЧВ), с постоянным повышением требований к их показателям эффективности и характеристикам, с необходимостью развития конструкций САРЧВ и объединения в единый комплекс самых разнообразных устройств, включая и систему технической диагностики (СТД) [2].

Все это приводит к исследованию требуемых показателей точности СТД дизелей, сопряжения САРЧВ и СТД, их экономичности и надежности.

Большая часть времени функционирования современных систем дизелей происходит на неустановившихся режимах, на которых основные показатели эффективности дизеля снижаются на 6—20 % (мощностные показатели и показатели топливной экономичности). Изменение статических и динамических характеристик дизеля в процессе эксплуатации определяется техническим состоянием элементов его систем: кривошипно-шатунного механизма, системы топливоподачи, турбокомпрессора и других вспомогательных устройств. Снижение их статических и динамических характеристик ниже допустимого уровня влечет за собой большие материальные убытки.

Особенность проблем эффективности и надежности САРЧВ и СТД дизелей определяется всеми этапами проектирования, изготовления и эксплуатации. Поэтому необходимо выявление связей между показателями эффективности и надежности САРЧВ и СТД дизелей и возможностями их повышения на каждом из указанных этапов.

Состояние элементов САРЧВ дизель-генератора оценивалось во времени переходных процессов с шагом 0,1 с по следующим показателям (измеряемым переменным): частота вращения коленчатого вала дизеля; перемещение рейки топливного насоса высокого давления; сила тока и напряжение генератора; частота вращения ротора турбокомпрессора; давление наддува от турбокомпрессора; изменение положения ограничителя (упора) перемещения рейки топливного насоса [4].

Для переходных режимов с одной установившейся частоты вращения коленчатого вала дизеля при сбросе и наборе частичной электрической нагрузки дизель-генератора изменение во времени t измеряемых переменных приведено на рис. 1.

На рис. 1 все графики переменных имеют нормированные значения. Они сглажены посредством кубической сплайн и полиномиальной интерполяции, что способствует повышению точности идентификационной модели. Вначале выполнялась полиномиальная интерполяция на временном участке (с шагом 0,05) с от 0,5 с до окончания переходного процесса. Затем применялась кубическая сплайн-интерполяция на участке времени t от 0 до 0,5 с, обеспечивая сопряжение пересекающихся точек (равенство производных).

По разработанному диагностическому алгоритму оценки отказов элементов дизеля в режиме переходного процесса дизеля, турбины, компрессора и регулятора частоты вращения сформирована структурная схема алгоритма определения неисправностей каждого из перечисленных элементов дизеля. Структурная схема этой модели СТДсЭП в среде визуального графического программирования Simulink приведена на рис. 2.

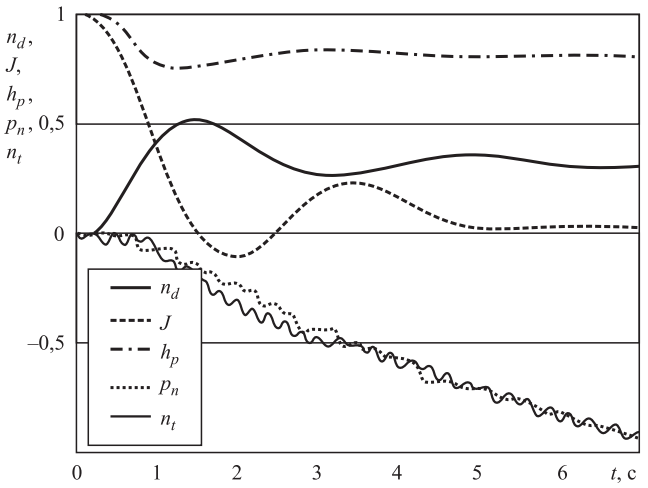


Рис. 1. График переходного процесса опытной САРЧВ модифицированного дизель-генератора при сбросе частичной нагрузки:

n_d — частота вращения коленчатого вала дизеля; n_t — частота вращения ротора турбокомпрессора; h_p — перемещение рейки топливного насоса высокого давления; J — ток генератора; p_n — давление наддува от турбокомпрессора

Структурная схема СТДсЭП моделирует с помощью функциональных блоков Look-up Table сигналы с датчиков: момента сопротивления нагрузки на коленчатом валу дизеля (сила тока якоря генератора, M_c), перемещения рейки топливного насоса (h_p), давления наддувочного воздуха (p_n), частоты вращения коленчатого вала (n_d) и ротора турбины (n_t). Аргумент таблично задаваемых функций этих блоков формируется генератором Ramp. На схеме модели дизеля, турбины, компрессора (турбокомпрессора) и РЧВ сформированы в виде функциональных блоков Subsystem, соответственно Model Diesel OU, Model Turbina, Model Kompr, Model Regulajtor. Выходы этих блоков (выходные переменные, рассчитанные по моделям) подаются на соответствующие сумматоры, где производится сравнение значений моделируемых переменных (n_d) со значениями данных, являющихся выходами моделей (n_d_m) соответствующих датчиков. Разницы (например, $nd_m - n_d$) моделируемых и наблюдаемых с датчиков значений переменных подаются на функциональные блоки типа *Look-up Table 1...4* реализующие так называемые щелевые функции

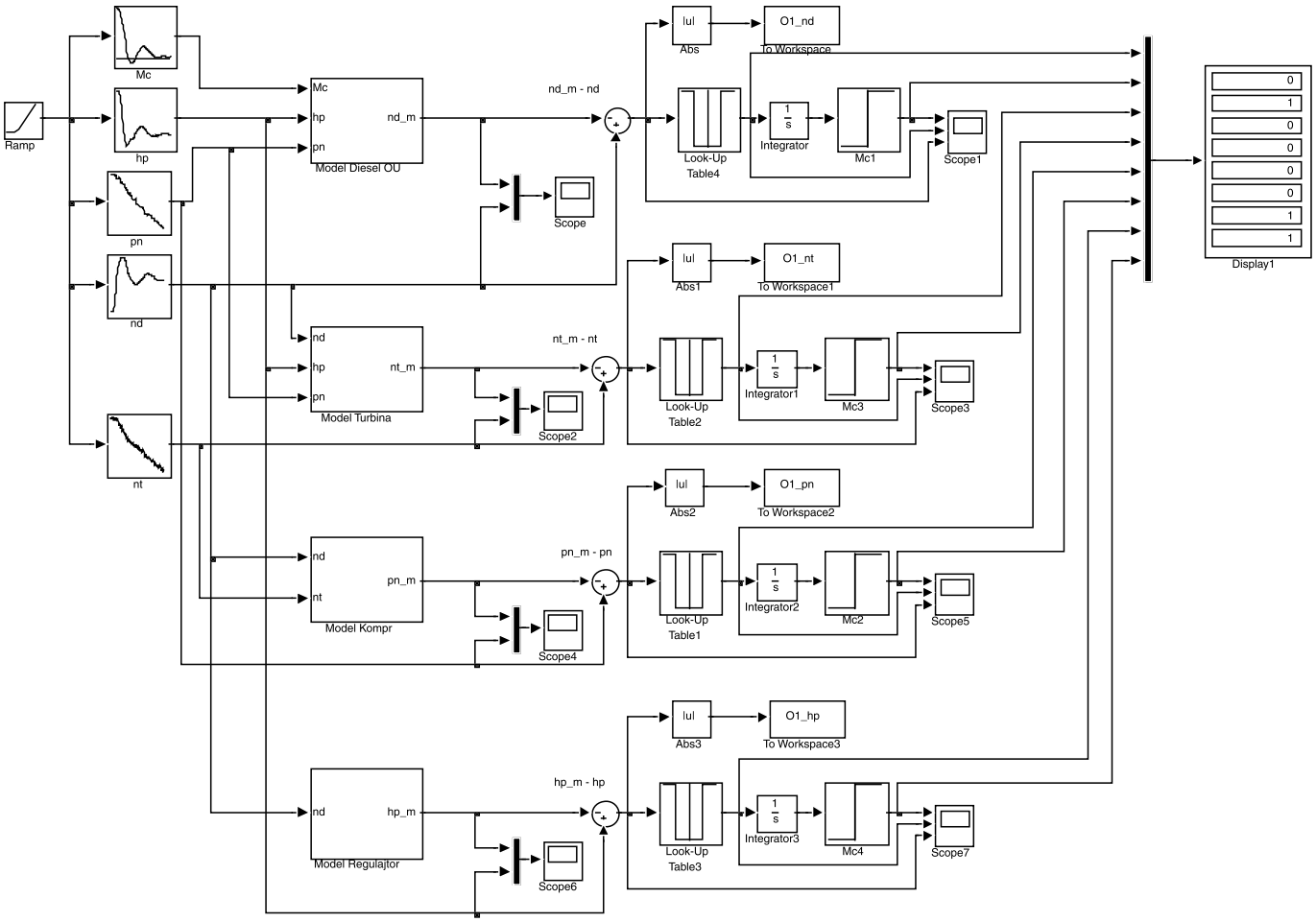


Рис. 2. Структурная схема модели СТДсЭП, представленная в среде визуального графического программирования Simulink

со значениями "ноль" и "единица". Ширина этих щелевых функции задается эталонными значениями отклонений каждой из соответствующих переменных и определяет допустимые диапазоны коридоров, в которых величины изменения отклонений переменных допустимы, и не определяют отказ моделируемых элементов двигателя.

Выходы функциональных блоков *Look-up Table 1...4* подаются на соответствующие строки дисплея *Display1* и одновременно на интеграторы, где производится интегрирование во времени сигналов-отклонений от эталонных значений переменных. Ограничение величин этих сигналов осуществляется функциональными блоками, реализующими ступенчатую функцию с нулем и единицей (*Mc1...4*).

Для решения задач прогнозирования разницы (например, $n_d_m - n_d$) моделируемых и наблюдаемых с датчиков значений переменных подаются на функциональные блоки типа *Abs...3*, где исключаются отрицательные знаки, затем записываются в оперативную память программы с помощью функциональных блоков типа *To Workespas 3*. Эти переменные имеют следующие имена: $O1_n_d$, $O1_n_t$, $O1_p_n$, $O1_h_p$ и используются другой программой Matlab, где накапливаются (запоминаются) после каждого тестирующего воздействия. При каждом новом пуске программы прогнозирования эти данные отображаются в форме графиков, позволяющих судить о тенденциях изменения отклонений значений переменных моделей от эталонных значений.

Результаты моделирования одного канала по прикладной программе, реализующей рассматриваемую структурную схему модели СТДсЭП в форме графиков переходных процессов, приведены на рис. 3 и рис. 4 при отсутствии отказов диагностируемых элементов двигателя.

При анализе графиков относительного отклонения давления $p_н$, $p_{нм}$ наддувочного воздуха турбокомпрессора дизеля от времени t, $P_н$ — измеренных в эксперименте, $P_{нм}$ — результата моделирования,

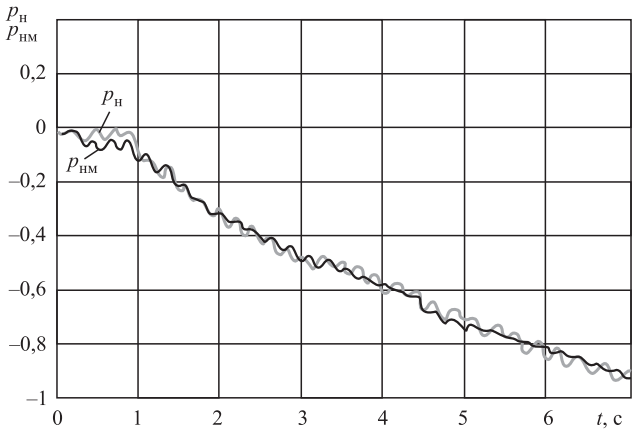


Рис. 3. Зависимость относительного отклонения давления $p_н$, $p_{нм}$ надувочного воздуха турбокомпрессора дизеля от времени t:

$P_н$ — измерено в эксперименте; $P_{нм}$ — результат моделирования

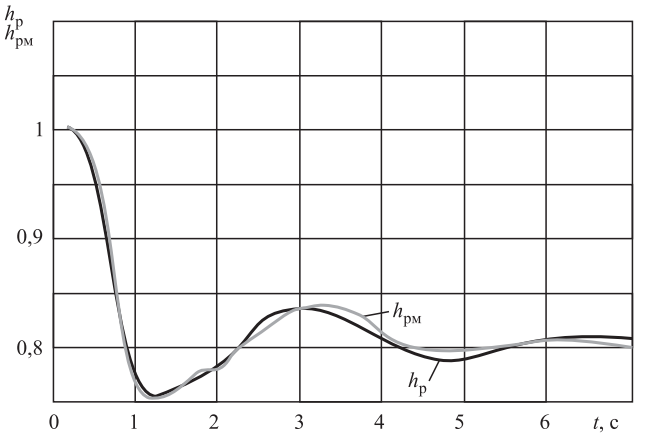


Рис. 4. Зависимость относительного отклонения рейки ТНВД дизеля $h_р$, $h_{рм}$ от времени t:

$h_р$ — измерено в эксперименте; $h_{рм}$ — результат моделирования

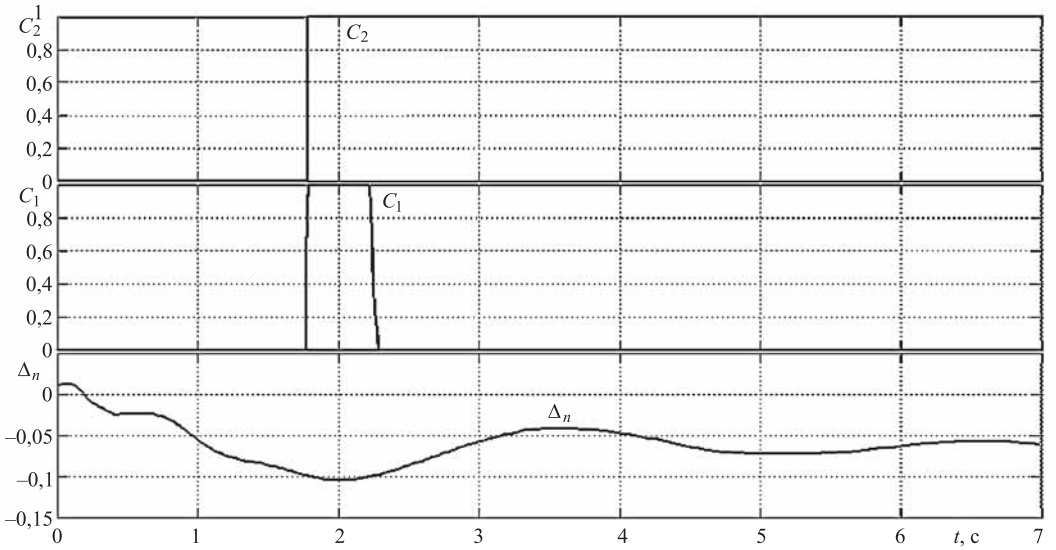


Рис. 5. Изменение во времени t разницы $\Delta_n = n_{d_}m - n_d$ относительных отклонений измеряемой n_d и моделируемой $n_{dм}$ частот вращения дизеля, сигнала C_1 от Δ_n на выходе щелевой функции и сигнала C_2 с щелевой функции после интегрирования

видно, что в отсутствие отказов диагностируемых элементов двигателя кривые графиков моделируемых переменных с датчиков и выходов моделей практически совпадают.

Результаты моделирования одного канала по прикладной программе, реализующей рассматриваемую структурную схему модели СТДсЭП в форме графиков переходных процессов, приведены на рис. 5.

Теоретическое обоснование разработанных алгоритмов и диагностических математических моделей, проведенное посредством математического моделирования, показало работоспособность алгоритмов и достаточную для практики точность разработанных диагностических математических моделей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Двигатели** внутреннего сгорания: Системы двигателей внутреннего сгорания / Д. Н. Вырубов, Н. А. Иващенко и др.; Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. 4-е изд. — М.: Машиностроение, 1983. — 372 с.
2. **Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. — М.: Легион-Автодата. 2004. — 344 с.
3. **Файнлейб Б. Н.** Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. — Л.: Машиностроение. —1990. — 352 с.
4. **Гребенников С. А., Гребенников А. С., Никитин А. В.** Адаптивное управление топливоподачей ДВС по показателям неравномерности вращения коленчатого вала // Вестник Саратовского государственного технического университета. — 2013. — № 2 (71). Вып. 2. — С. 86—90.

УДК 629.3.027-048.24:006.9

В. В. Миронова, канд. техн. наук, доц., МАДИ, Москва
E-mail: violettmir@gmail.com

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ АВТОМОБИЛЯ ПРИ НАЕЗДЕ НА СТУПЕНЧАТОЕ ПРЕПЯТСТВИЕ

В данном исследовании представлена разработка и анализ динамической модели, которая воспроизводит нагрузки, создающиеся в шине автомобиля, а также в элементах его подвески, включая их деформации при преодолении ступенчатого препятствия. Рассмотрены возможности применения моделей 1/4 и 1/2 автомобиля. Эти модели используются для анализа влияния массы автомобиля и параметров подвески на динамические нагрузки с целью предоставления рекомендаций и требований к разработке активных или адаптивных подвесок, позволяющих уменьшить динамические нагрузки, формирующиеся при пересечении рассматриваемых препятствий.

Ключевые слова: *автомобиль, динамическая модель, подрессоренная масса, неподрессоренная масса, ступенчатое препятствие.*

This study shows the development and analysis of the dynamic model, which reproduces the load created in the vehicle tire, as well as its suspension elements, including the step of deformation at overcoming obstacles. The possibilities of application of models 1/4 and 1/2 of the car. These models are used to analyze the influence of the vehicle mass and suspension parameters on dynamic loads in order to provide recommendations and requirements for the development of active and adaptive suspension, allowing to reduce the dynamic loads, are formed at the intersection of the considered obstacles.

Keywords: *dynamic model, the sprung mass, suspension, unsprung mass, step-shaped obstacle.*

Предварительные замечания

Исследование движения автомобилей по дорогам с разными покрытиями ведет к очень противоречивым требованиям к подвеске. Преобладает мнение, что это весьма сложная задача — гарантировать параметры подвески, обеспечивающие высокий уровень комфорта автомобиля с низкой массой и при этом сделать их совместимыми с другими функциями подвески, в частности, обеспечить постоянный контакт между шиной и дорожным покрытием. В настоящее время исследователи прилагают большие усилия для разработки электронно-механических подвесок — активных подвесок с компьютеризированными механическими приводами (гидравлическими, пневматическими, электромеханическими) [4, 5]. Исследования проблем в применении таких систем вскрывают очевидное отсутствие алгоритмов управления, подходящих для таких систем. Возможности решения проблемы ограничены тем фактом, что диапазон условий движения очень широкий, поэтому возникает необходимость ограничивать диапазон параметров дорожного покрытия при разработке алгоритмов управления.

Цель исследования

Необходимо проанализировать рабочую характеристику подвески в случае, когда автомобиль движется через самое опасное препятствие — ступенчатую неровность дорожного покрытия. Несмотря на то что проблема считается классической [3, 6], универсальных рекомендаций в отношении выбора характеристик шины и жесткости подвески [4, 5], а также проработки алгоритмов управления для установки параметров активных (адаптивных) подвесок не существует. В работе сравнивается поведение значительно отличающихся по массе и характеристикам шин автомобилей, проезжающим по ступенчатым неровностям. Для моделирования используются модели 1/4 и 2D автомобиля.

Объект исследования

В данном исследовании рассматривается грузовой автомобиль высокой проходимости ГАЗ-66, а также популярный легковой автомобиль VW Golf. Данные исследуемых автомобилей представлены на рис. 1 и в табл. 1. Для моделирования автомобиля

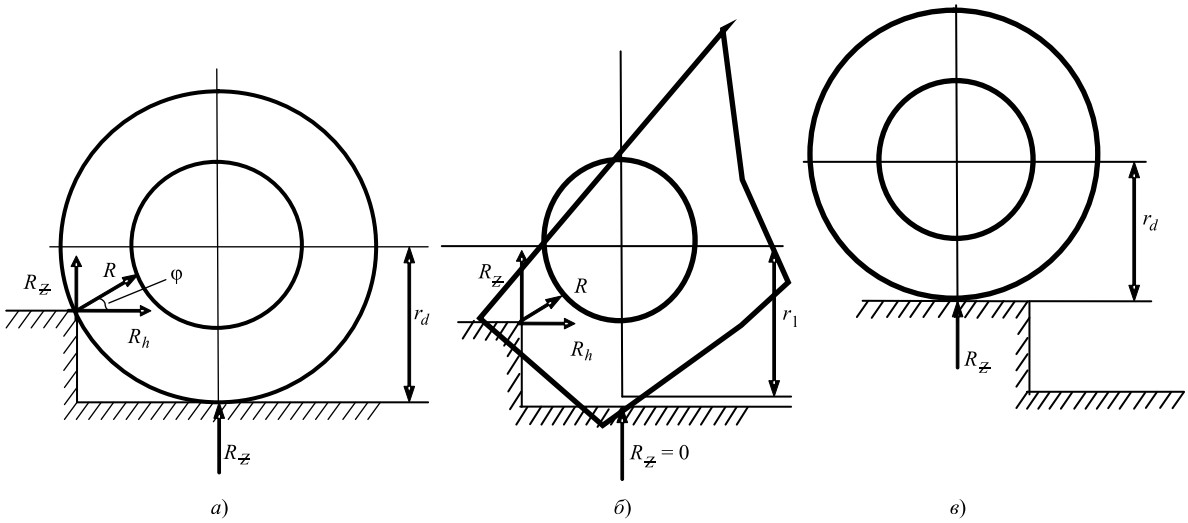


Рис. 1. Схема деформации шины при преодолении препятствия

Таблица 1

Характеристики автомобилей

Автомобиль	Масса, кг	L, мм	a*, мм	b*, мм	h_c*, мм	I_v', кгм^2
ГАЗ-66	7481	3300	1572	1728	870	21 320
VW Golf	995	2475	994	1481	405	13 220
* Параметры a, b, h_c определены на рис. 4, *б*.						

ГАЗ-66 были использованы шины 14,00-20 с регулируемым давлением, а для автомобиля VW Golf — шины 175/70R13, исходя из рекомендаций производителя. Характеристики шин указаны в табл. 2 [1]. Представленные данные указывают на то, что отношения масс и диаметров шин одинаковые. Как следствие, охвачен достаточно широкий диапазон параметров.

Динамические модели

При пересечении ступенчатой неровности транспортным средством функция выравнивания шины имеет особую важность. Вот почему для моделирования пересечения ступенчатой неровности была разработана специальная схема вычислений. Для этого используются схемы определения ходовых качеств [3, 6]. Движение по ступени смоделировано в три этапа, показанных на рис. 1.

Этап 1. Вступление в контакт — колесо движется горизонтально, шина начинает деформироваться (рис. 1, *а*). По причине деформации шины вертикальный компонент R_z реакции, которая появляется в точке контакта, поднимает шину до тех пор, пока не теряется контакт с дорожным покрытием.

Этап 2. Дальнейшее движение шины — это вращение вокруг точки контакта (рис. 1, *б*). Предварительный анализ модели показал, что на этом этапе радиус шины незначительно изменяется и не оказывает существенного влияния на траекторию оси колеса.

Этап 3. Шина движется по ровной горизонтальной поверхности препятствия (рис. 1, *в*). Ее деформация вызвана вертикальной реакцией R_z и дальше переходит в динамические процессы.

Ниже представлены расчетные схемы и уравнения, описывающие движение автомобиля при

Таблица 2

Характеристики шин

Шина	Допустимая нагрузка, Н	Диаметр D, мм	Статический радиус R_{st}, мм	Ширина B, мм	Давление, бар	Жесткость, кН/м
14,00-20	25 000	1260	583	390	3,2	532*
175/70R13	4750	586	261	177	2,0	148*
* В случае давления 3,2 МПа.						

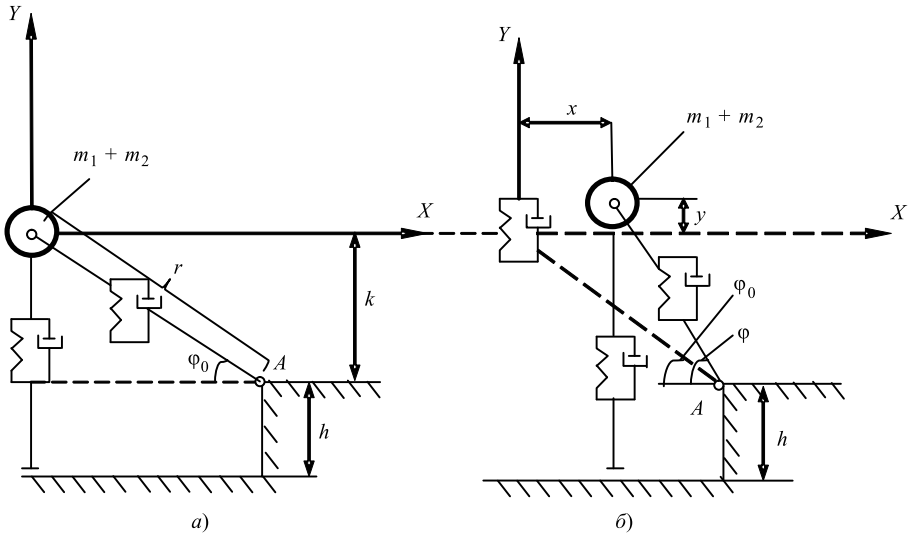


Рис. 2. Схема вычислений для преодоления ступенчатого препятствия:
а — контакт со ступенью; *б* — этап движения шины по ступени

преодолении препятствий. При составлении расчетных моделей преодоления препятствий (рис. 2) были приняты следующие допущения:

— автомобиль движется в горизонтальном направлении с постоянной скоростью — горизонтальный компонент реакции R не оказывает влияния на динамические явления в продольном направлении; предварительные расчеты показали, что это действительно так для ступеней сравнительно малой высоты;

— автомобиль приближается к препятствию, двигаясь равномерно и прямолинейно, то есть вплоть до препятствия не существует источников возбуждения, которые могли бы повлиять на динамические явления в продольном (ускорения автомобиля) и вертикальном (работа подвески) направлении;

— автомобиль движется с постоянной скоростью v, крутящий момент, развиваемый двигателем, достаточный для преодоления препятствия без изменения скорости;

— характеристика жесткости шины — линейная.

Динамика процесса преодоления препятствия описывается следующей системой уравнений [2]:

$$\begin{cases} (m_1 + m_2)\ddot{y} + h_p\dot{y} + h_{ey}\dot{y} + c_p y + c_{ey} y = 0, \\ (m_1 + m_2)\ddot{x} + h_{ey}\dot{x} + c_{ey} x = F, \end{cases} \quad (1)$$

где $(m_1 + m_2)$ — элемент сосредоточенной массы, представляющий неподрессоренную и подрессоренную массу соответственно; x, y — координаты элемента сосредоточенной массы по отношению системы координат YOX; c_p — жесткость шины в случае контакта с ровной поверхностью, h_p — коэффициент демпфирования шины в случае контакта с ровной поверхностью, F — внешнее усилие.

Коэффициенты жесткости и демпфирования шины в случае краевого контакта могут быть выражены следующим образом:

— коэффициенты жесткости и демпфирования в вертикальном направлении (вдоль оси y):

$$c_{ey} = c_e \sin^2\varphi,\ h_{ey} = h_e \sin^2\varphi, \quad (2)$$

— коэффициенты жесткости и демпфирования в горизонтальном направлении (вдоль оси x):

$$c_{ex} = c_e \cos^2\varphi,\ h_{ex} = h_e \cos^2\varphi, \quad (3)$$

где c_e — коэффициент жесткости шины в случае краевого контакта, h_e — коэффициент демпфирования шины в случае краевого контакта.

Угловая координата положения элемента сосредоточенной массы может быть выражена следующим образом:

$$\sin\varphi = (K + y)/(L - x), \quad (4)$$

где $K = r - \Delta r - h$, $L = \cos\varphi_0$ — постоянные величины, r — радиус шины, h — высота ступенчатого препятствия, Δr — статическая деформация шины, вызванная силой веса элемента сосредоточенной силы, φ_0 — начальная угловая координата, g — ускорение под действием силы тяжести. Начальная угловая координата определяется из соотношения:

$$\sin\varphi_0 = K/r. \quad (5)$$

В случае если удовлетворяется условие $K + y \geqslant r$, то показатели $h_p y$ и $c_p y$ в системе уравнений (1) становятся равными нулю и шина, теряющая контакт с поверхностью покрытия, переходит на второй этап движения (см. рис. 1), т. е. выполняет вращательное движение вокруг кромки ступени.

Известно, что жесткость шины зависит от формы поверхности контакта. По этой причине характеристики жесткости были определены экспериментальным путем ее деформирования о ровную поверхность и нанесением удара, имитирующего край ступени (для этой цели использовался металлический уголок). Эксперимент проводился в лаборатории сопротивления материалов МАДИ с помощью установки растяжения и сжатия Amsler. Для проведения экс-

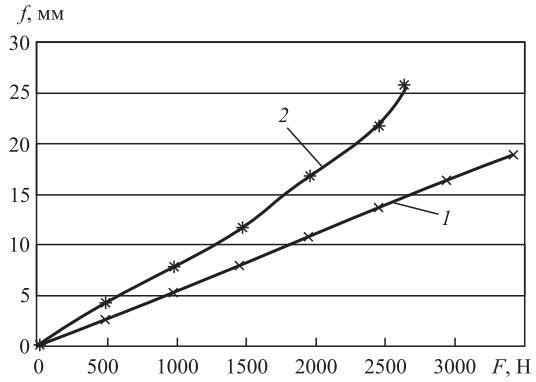


Рис. 3. Зависимость деформации от нагрузки для шины Goodyear Wrangler AR/R 245/75R16:

1 — ровная поверхность; *2* — металлический уголок

перимента использовалась шина Goodyear Wrangler AR/R 245/75R16. Полученные результаты представлены на рис. 3. Для дополнительных вычислений было сделано допущение, что жесткость шины при ее деформировании о край ступени в 1,55 раза ниже.

Компьютерная программа, позволяющая воссоздать траекторию оси колеса, была разработана на основе описания представленных выше динамических процессов. Траектория в последующих имитационных моделях была использована в качестве профиля неровности с учетом функции выравнивания шины. Расстояние, пройденное автомобилем VW Golf до столкновения с бордюром, изменялось в диапазоне от 0,1 м до значения радиуса шины (0,32 м), когда высота ступени изменялась от 25 до 150 мм (рис. 4, *а*). Последняя указанная высота ступени использовалась лишь в исследовательских интересах, так как в реальных условиях такая высота едва ли вообразима. Скорость автомобиля в диапазоне, используемом для исследования (1,39—13,89 м/с) не оказывала влияния на функцию выравнивания шины (рис. 4, *б*). Шины большего диаметра (при прочих равных условиях) смягчали влияние ступенчатого препятствия (рис. 4, *в*), так как в начальный момент удар смягчается больше и процесс перехода к движению по горизонтальной плоскости становится мягче.

В результате проведенного анализа (на основе уравнений 1—5) для дополнительных имитационных моделей используется особая подпрограмма вы-

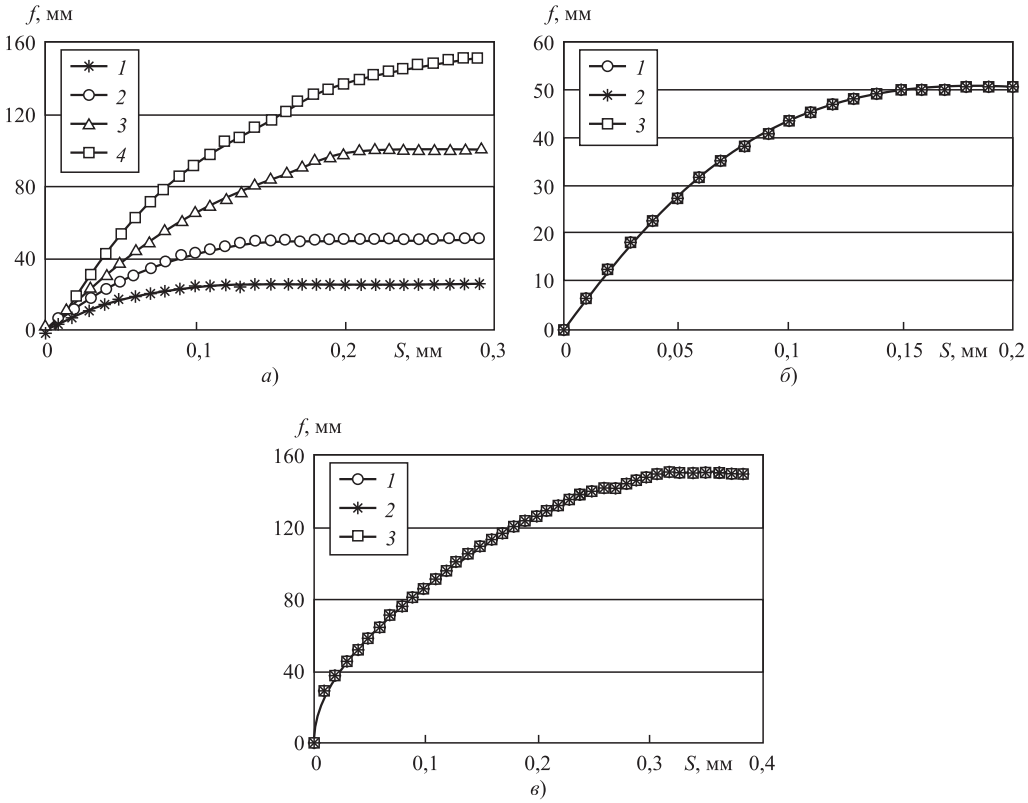


Рис. 4. Зависимость расчетного профиля дорожного покрытия с учетом функции выравнивания шины на ступени высотой:

а — высота ступени — *1* — 25 мм, *2* — 50 мм, *3* — 100 мм, *4* — 150 мм (v = 4,17 м/с); *б* — скорости автомобиля — *1* — 1,39 м/с, *2* — 2,78 м/с, *3* — 4,17 м/с (h = 150 мм); *в* — типа шины для автомобилей VW Golf (*а*—*б*), ГАЗ-66 (*в*)

числения. Она оценивает функцию выравнивания шины для конкретной высоты ступени и скорости автомобиля.

Результаты исследования

Обе модели 1/4 и 1/2 автомобиля (рис. 5) были использованы для оценки влияния параметров подвески. В табл. 3 указаны параметры моделей. Для того чтобы применять активные или адаптивные подвески, модели поддерживают возможность изменения параметров подвески. Для автомобиля VW Golf определены подвески с линейными и нелинейными эластичными и амортизирующими элементами. Нелинейные характеристики изображены с помощью типовых характеристик эластичных элементов в области статического равновесия и характеристики повышения жесткости для более высоких значений динамических деформаций и отскока. В качестве амортизирующих элементов были взяты характеристики типовых амортизаторов, используемых в VW Golf. Для двух вариантов подвески ГАЗ-66 были использованы типовая подвеска с элементами цилиндрической винтовой пружины и пневматическая подвеска.

Смещения подрессоренной и неподрессоренной массы, полученные с помощью разных моделей, представлены на рис. 5. Для легкового автомобиля VW Golf можно наблюдать взаимосвязь подвесок — в случае модели 2D масса m_{22} начинает свое движение, когда передняя ось двигается по ступени. Тем не менее существенных различий в зависимостях, полученных с помощью обеих моделей, не существует.

На рис. 6 представлены результаты моделирования, полученные с помощью моделей 1/2 и 1/4 автомобилей — смещения подрессоренной и неподрессоренной масс, когда скорость движения автомобиля равна 1,39 м/с. Влияние параметров подвески и параметров v и h нагрузки на подвеску и шину оценены с помощью динамических коэффициентов:

$$k_{d_a} = (z_2 - z_1)/f_{st}, \quad k_{d_{pa}} = (z_1 - q)/f_{st}, \qquad (6)$$

где z_2, z_1 — смещения подрессоренной и неподрессоренной массы от положения статического равновесия; q — высота неровности; f_{st} — статическая деформация шины.

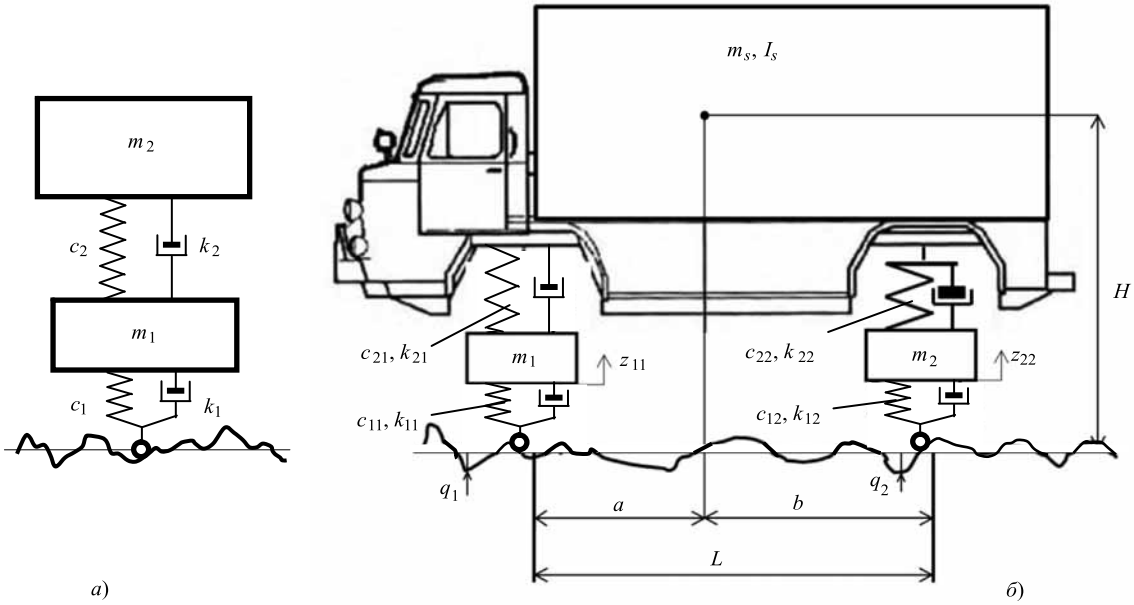


Рис. 5. Смещения подрессоренной и неподрессоренной массы:

а — модель 1/4 и 1/2 (2D); *б* — автомобиль; m_1, c_1 и k_1 — масса, жесткость и коэффициент демпфирования протектора шины, c_2, k_2 — коэффициенты жесткости и демпфирования шины, c_3, k_3 — коэффициенты жесткости и демпфирования подвески, m_2 — неподрессоренная масса, m_3 — подрессоренная масса, c_{11} и k_{11} — коэффициенты жесткости и демпфирования передней шины, c_{12}, k_{12} — коэффициенты жесткости и демпфирования задней шины, c_{21}, k_{21} — коэффициент жесткости передней подвески и коэффициент демпфирования ее амортизатора, c_{22}, k_{22} — коэффициент жесткости задней подвески и коэффициент демпфирования ее амортизатора, m_{11}, m_{12} — неподрессоренная масса в передней и задней частях автомобиля, m_s — подрессоренная масса, L — база автомобиля, a и b — расстояние от центра масс до передней и задней оси соответственно, H — высота центра масс, I_z — момент инерции масс по отношению к продольной оси

Таблица 3

Параметры модели 1/4 автомобиля

Автомобиль	c_1, кН/м	c_2, кН/м	k_1, кНс/м	k_2, кНс/м	m_{a1}, кг	m_{n1}, кг
ГАЗ-66 с подвеской типа цилиндрической винтовой пружины:						
передняя	617	77	250	5,5	575	1384
задняя	617	90	250	13	575	1207
ГАЗ-66 с пневматической подвеской:						
передняя	617	84,5	250	6,4	575	1384
задняя	617	105	250	11,2	575	1207
Подвеска VW Golf:						
передняя	160	19,6	405	1400	246	27
задняя	160	24	405	1600	205	32

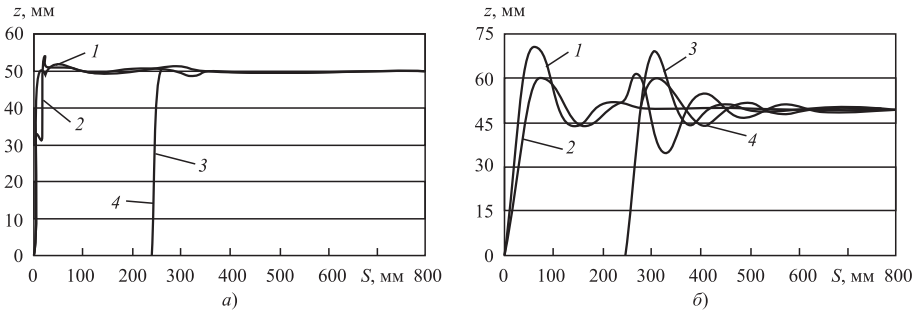


Рис. 6. Смещения:

а — неподрессоренной массы; *б* — подрессоренной массы, полученные с помощью обеих моделей при v = 1,39 м/с, H = 50 мм; *1* — передняя ось, модель 1/4 автомобиля; *2* — передняя ось, модель 2D; *3* — задняя ось, модель 1/4 автомобиля; *4* — задняя ось, модель 2D

Полученные результаты представлены на рис. 7. Для автомобиля VW Golf можно наблюдать влияние нагрузки на ось — меньшая нагрузка на заднюю ось снижает динамический коэффициент в 1,2 раза, когда высота ступени возрастает. Значительно более высокие динамические нагрузки наблюдаются на шине. Влияние массы на ось проявляется более наглядно. Динамические нагрузки на задние шины в 1,3 раза ниже.

Влияние скорости движения автомобиля представлены на рис. 7. Здесь видно снижение местной динамической нагрузки, что связано с частотной характеристикой подвески.

В случае применения динамики нелинейных подвесок нагрузки могут быть снижены до определенной степени, тем не менее, характери-

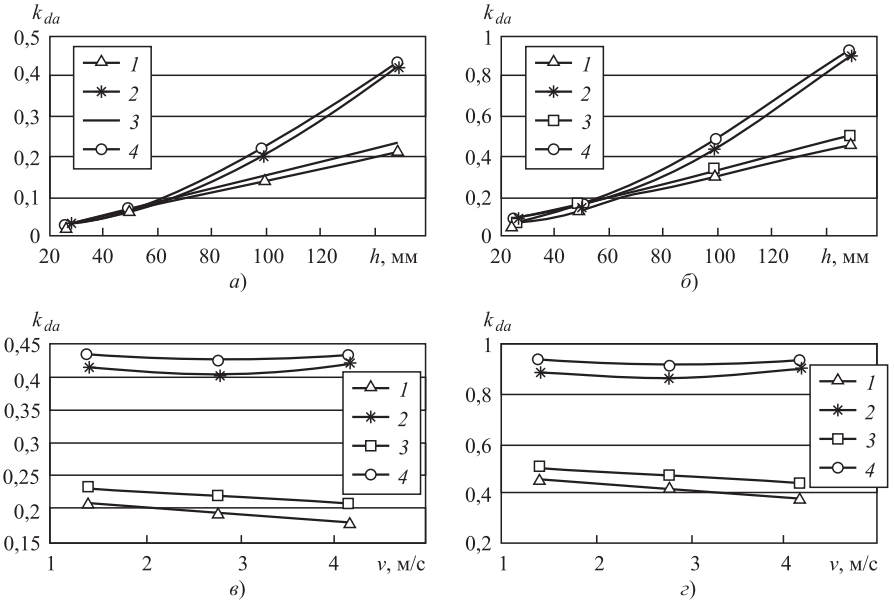


Рис. 7. Зависимости деформаций подвески автомобиля VW Golf от высоты ступени *h* и скорости движения автомобиля *v* в случае линейных и нелинейных элементов подвески:

а, *в* — подрессоренная масса; *б*, *г* —неподрессоренная масса; *1* — линейная, задняя; *2* — нелинейная, задняя; *3* — линейная, передняя; *4* — нелинейная, передняя

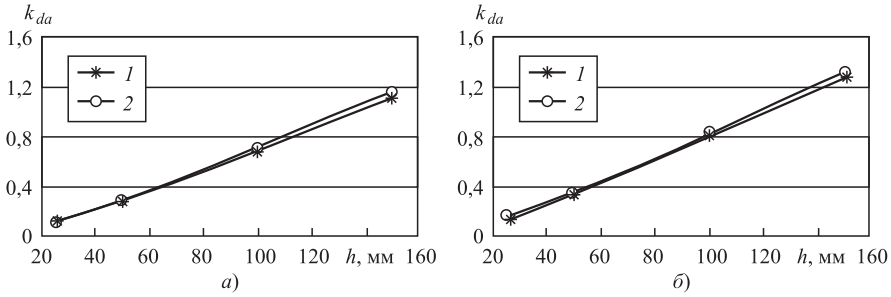


Рис. 8. Зависимость динамического коэффициента подрессоренной массы от высоты ступени:

а — типовая подвеска; *б* — пневматическая подвеска; *1* — задняя ось; *2* — передняя ось

стик типовых нелинейных подвесок недостаточно для получения более выраженного эффекта.

Анализ результатов для ГАЗ-66 демонстрирует, что сочетание с элементами пневматической подвески является более эффективным (рис. 8). Тем не менее для получения более значительного эффекта в будущем необходимо изучить возможности активных или адаптивных подвесок амортизировать динамические нагрузки при пересечении ступенчатых неровностей.

Заключение

В результате выполненных исследований установлено, что в границах диапазона анализируемых скоростей влияние функции выравнивания шины в значительной степени зависит от высоты ступени, так как расстояние, необходимое для пересечения ступени, увеличивается вплоть до свободного радиуса шины, когда высота ступени возрастает до 150 мм.

Высота ступени оказывает большее воздействие на динамические нагрузки по сравнению со скоростью движения автомобиля. Динамические нагрузки, воздействующие на шину при пересечении ступенчатого препятствия, в 1,1 раза выше, чем нагрузки, действующие на кузов автомобиля.

Функция выравнивания шины не существенно зависит от скорости движения автомобиля.

Модель 1/4 автомобиля может использоваться для оценки динамических нагрузок при преодолении ступенчатого препятствия, так как динамические коэффициенты, полученные при помощи этой модели, не отличаются значительно от динамических коэффициентов, полученных с помощью модели 2D.

Было проанализировано влияние параметров подвески на динамические нагрузки, и было установлено, что возможности амортизировать динамические нагрузки и при этом гарантировать адекватные характеристики эксплуатационных качеств подвески при других условиях движения весьма ограничены. Вот почему целесообразно изучить возможности применения активных или адаптивных подвесок.

Модель 1/4 автомобиля, которая учитывает влияние другой оси, может применяться для приблизительной оценки динамических перегрузок.

Возможная высота преодолеваемого ступенчатого препятствия зависит от динамического радиуса колеса равномерности распределения массы между осями.

Влияние давления в шинах при преодолении ступенчатого препятствия проявляется только как воздействие на сцепление колеса с дорожным покрытием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Балабин И. В.** Автотракторные колеса [Текст]: Справочник / Под общ. ред. Балабина И. В. — М.: Машиностроение, 1985. — 272 с.
2. **Биргер И. А., Пановко Я. Г.** Прочность, устойчивость, колебания [Текст]: Справочник. — Том 1 / Под общ. ред. Биргера И. А., Пановко Я. Г. — М.: Машиностроение, 1968. — 832 с.
3. **Кнороз В. И., Кленников Е. В.** Шины и колеса. М.: Машиностроение, 1975. — 184 с.
4. **Литвинов Ф. С., Фаробин Я. Е.** Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
5. **Гришкевич А. И.** Автомобили: Теория. Минск: Высшая школа, 1984. — 312 с.
6. **Ксеневич И. П.** Наземные тягово-транспортные системы. — Том 1 / Под ред. И. П. Ксеневича. Москва: Машиностроение, 2003. — 743 с.

УДК 629.113

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, **К. В. Киреев,** канд. техн. наук, **С. В. Петровский,** инженер,
СамГТУ, г. Самара
E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ПРИЧИН ПРЕВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Представленная работа посвящена разработке и реализации автомобильной электронной диагностической системы, классификации причин превышения уровня электромагнитных помех.

Ключевые слова: *автомобиль, качество, электромагнитные помехи.*

The work deals with the development and implementation of automotive electronic diagnostic classification system of the causes of excessive levels of electromagnetic interference.

Keywords: *car, quality, electromagnetic interference.*

(Рисунки на 2-й, 3-й полосах обложки)

Для классификации причин неисправностей, связанных с уровнем электромагнитных помех (ЭМП), важным шагом является определение факторов, которые играют доминирующую роль в выявлении неисправностей. Такими факторами могут быть конструктивные недоработки, дефекты материалов, нарушения технологического режима и установленных процедур контроля и испытаний.

Методика анализа неисправностей и отказов предусматривает ряд последовательных действий, направленных на выявление причин и механизмов отказов. Согласно этой методике, прежде всего, проводится тщательный анализ условий возникновения отказа — при этом детально изучаются рабочие режимы диагностируемого объекта [1, 8].

Категоризация неисправностей и отказов на внезапные и постепенные носит достаточно условный характер и определяется, в основном, возможностями управления параметрами объекта. Неисправность или отказ классифицируются как внезапные, в том случае, если им не предшествует направленное изменение какого-либо из наблюдаемых эксплуатационных параметров. При этом трудно прогнозировать время возникновения такого отказа. Постепенному же отказу предшествует закономерное изменение эксплуатационного параметра, что позволяет прогнозировать время его наиболее вероятного возникновения [10].

Отказы электронных устройств автомобиля, связанные с ЭМП, возникающие в результате процессов, происходящих в их внутренней структуре и связанных с уровнем электромагнитного возмущения от системы зажигания, в настоящее время являются достаточно распространенными. Поэтому при рассмотрении причин неисправностей выхода из строя полупроводниковых устройств необходимо установить степень зависимости неисправности от уровня электромагнитного возмущения, что в свою очередь определяет выбор мер по устранению последующих отказов. Если степень независимости неисправности или отказа мала, то такой отказ можно считать независимым от уровня ЭМП.

По характеру устранения различают самоустраняющиеся (сбой) и перемежающиеся отказы. Самоустраняющиеся отказы могут возникать вследствие кратковременного электромагнитного воздействия на некоторое устройство, а также в результате кратковременного изменения электрических параметров его элементов.

Конструкционные отказы и неисправности происходят в результате несовершенства или нарушения установленных правил или норм конструирования объекта. Причинами, вызывающими такие отказы, могут быть неправильная оценка возможностей устройств системы зажигания при их выборе и

изготовлении с последующим высоким уровнем эмиссии электромагнитных помех, а также ошибки при конструировании. В результате, устройства системы зажигания могут подвергаться перегрузкам и преждевременно выходить из строя [1, 8, 10].

Производственные отказы и неисправности в работе электрооборудования автомобилей возникают вследствие несовершенства или нарушения установленного процесса изготовления устройств систем зажигания, который сопровождается высоким уровнем ЭМП и выполняется на ремонтном предприятии.

Эксплуатационные отказы и неисправности связаны с нарушением установленных правил или условий эксплуатации объекта.

Деградационный отказ обусловлен естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости электрооборудования автомобиля при соблюдении всех установленных правил или норм проектирования, изготовления и эксплуатации.

Ресурсный отказ возникает, например, когда система зажигания начинает давать сбой вследствие увеличения предельного расстояния между электродами свечи зажигания. Данное обстоятельство провоцирует увеличение уровня ЭМП вследствие все более возрастающей мощности разряда в свече, а затем, когда образуется нехватка мощности, начинаются пропуски зажигания, что является серьезным отказом.

Классификация отказов имеет большое значение в практике эксплуатации электрооборудования автомобилей, так как позволяет определять причины отказа и устранять их.

Анализ неисправностей и отказов электрооборудования автомобиля, связанный с уровнем электромагнитного возмущения, показывает, что примерно 40—45 % всех отказов происходит по причине ошибок, допущенных при конструировании, 20 % — вследствие ошибок в процессе производства, 30 % — в результате неправильной эксплуатации, 5—10 % — вследствие естественного износа и старения [2, 5, 7].

В данном исследовании рассмотрены конструкционный и эксплуатационный отказы. Это обусловлено необходимостью разработки и реализации практических рекомендаций по повышению качества электрооборудования с точки зрения ЭМП, с учетом экспериментальных данных возникновения неисправностей, приводящих к увеличению уровня помех.

В качестве конструкционного отказа рассмотрен пример ненадежного крепления антенны к корпусу автомобиля, а в качестве эксплуатационного отказа — проблемы, возникающие вследствие недостаточной емкости помехоподавляющего конденсатора системы зажигания. Данный конденсатор соединяет положительные выводы отдельных свечей зажигания с заземляющим устройством, функцию которого выполняют цилиндры двигателя. Наличие такого конденсатора должно ослаблять магнитное поле вокруг свечи, тем самым снижая уровень ЭМП. Задача диагностической классификации ставилась как анализ амплитудно-частотной характеристики соотношения сигнал — шум с целью определения: надежности крепления антенны; степени уменьшения шума помехоподавляющим конденсатором.

Электромагнитный сигнал радиопомех — фактический уровень ЭМП, наводимый на антенну коаксиальным кабелем. Он был измерен как в отсутствие помехоподавляющего конденсатора (линия, составленная из точек на рис. 1), так и при подключении конденсатора емкостью 1 мкФ (пунктирная линия), а затем конденсатора 4,7 мкФ (сплошная линия на рис. 1). Сплошные горизонтальные линии (имеющие большую толщину) представляют собой пороговые значения шума на различных частотах, полученные из [3, 5, 9].

Подобные исходные данные были получены и для диагностики качества крепления антенны к корпусу автомобиля. График частотных характеристик сигнала ЭМП от системы зажигания для случаев надежного и ненадежного контакта приведен в [6].

Как указано в [6, 7], для реализации диагностической интеллектуальной информационной системы (ИИС) использовались компоненты (интеллектуальные датчики), оперирующие внутри программных оболочек WEKA и ENCOG. Вычислительный эксперимент по использованию инструментов интеллектуальной диагностики проводился на ноутбуке Lenovo580c с двуядерным процессором IntelCore i5 3230M 2,6 ГГц и 8GB оперативной памяти. Помимо основной задачи диагностики повышенного уровня ЭМП, экспериментальные исследования были направлены и на оценку пригодности методов вычислительного интеллекта для практического использования в бортовых системах диагностики автомобилей.

Рис. 2 иллюстрирует возможности диагностической ИИС в определении качества крепления антенного кабеля к крыше кузова автомобиля на основе частотной характеристики сигнала радиопомех. Нижеприведенный рисунок — это по существу матрица неточностей классификаторов WEKA:

"крестики" (синие) в левом нижнем углу представляют случаи правильного определения надежного крепления антенны к кузову автомобиля (надежный контакт — 699 из 801 точек данных) лучшим классификационным алгоритмом в оболочке WEKA с интеллектуальным датчиком на основе алгоритма J-48 (реализующим деревья принятия решений). "Крестики" (красные) в верхнем правом углу показывают правильно определенные случаи (700 из 801) выявления ненадежных контактов. "Кружки" (синие в левом верхнем углу и красные в правом верхнем углу рисунка) символизируют неправильно классифицированные (102 и 100 из 801 соответственно) диагностические данные.

Для сравнения погрешности классификационных алгоритмов (интеллектуальных датчиков) в программной оболочке ВЕКА были проведены 100 повторных пусков каждого алгоритма, а результаты их работы были усреднены и приведены в табл. 1.

Интеллектуальный диагностический датчик, реализующий метод опорных векторов (МОВ) с помощью программной оболочки ENCOG, был задействован в двух режимах: в режиме классификации, обеспечивающей двоичный выход (т. е. надежность или ненадежность контакта антенны с корпусом), что повышает быстродействие ИД; в режиме регрессии, при котором на выходе датчика предоставляются непрерывные значения (в диапазоне от 0 до 1), что позволяет повысить точность классификации путем сравнения выходного значения с пороговым (в данном случае равным 0,5).

К преимуществам же классификационного режима работы интеллектуального диагностического датчика, реализующего МОВ, можно отнести его относительное быстродействие.

Как видно из табл. 1, точность интеллектуального датчика на основе МОВ существенно превосходит точность его аналогов, исполненных в оболочке ВЕКА. Уровень значимости (p — значение) был рассчитан с использованием пакета R для статистических вычислений и показал, что метод опорных векторов достоверно (с вероятностью ошибки меньше 1 %) обеспечивает лучшие возможности классификации. Таким образом, в практических целях имеет смысл использовать МОВ для диагностики повышенного уровня ЭМП вследствие неисправностей в установке антенны [7].

Аналогичные эксперименты были проведены и для второго сценария наличия неисправностей, приводящих к повышению уровня электромагнитных возмущений (ЭМВ), а именно: к недостаточной емкости помехоподавляющего конденсатора в системе зажигания. Для проведения диагностики использовались исходные данные, полученные из частотных характеристик, представленных на рис. 1. Как и в первом сценарии, разброс значений матрицы неточностей для лучшего классификационного датчика в программной оболочке ВЕКА (J-48) показан на рис. 3.

Подобно предыдущему сценарию, в левом нижнем углу на рис. 3 сгруппированы синие "крестики", правильно классифицирующие наличие помехоподавляющего конденсатора 1 мкФ (300 из 801 точек данных). Кластер красных "крестиков" в середине рисунка соответствует правильному определению емкости помехоподавляющего конденсатора на 4,7 мкФ (663 из 801). Зеленые "крестики" в правом верхнем углу рисунка указывают на отсутствие помехоподавляющего конденсатора (интеллектуальный датчик правильно распознал этот вариант в 760 случаях из 801). Разноцветные "кружки" (синие, красные и зеленые), находящиеся не на главной диагонали рисунка, соответствуют неправильно классифицированным диагностическим данным.

Таблица 1

Точность классификационных датчиков надежности заземления антенного кабеля

Алгоритмы, реализуемые интеллектуальными датчиками ЭМП		Результаты		
		Точность (% правильно классифицированных контактов)	Среднеквадратическое отклонение	p-значение
Zero-R		49,94	0,12	Неприемлемо
One-R		74,32	3,23	
J-48		87,43	2,70	
Метод опорных векторов	Классификация	91,51	Неприемлемо	< 0,01
	Регрессия	94,05		0

Таблица 2

Классификация уровня электромагнитной эмиссии в зависимости от емкости помехоподавляющего конденсатора системы зажигания

Алгоритмы, реализуемые интеллектуальными датчиками ЭМП		Результаты		
		Точность (% правильно классифицированных контактов)	Среднеквадратическое отклонение	*p*-значение
Zero-R		33,29	0,06	Неприемлемо
One-R		48,06	3,02	
J-48		71,84	2,59	
Метод опорных векторов	Классификация	86,1	Неприемлемо	< 0,01
	Регрессия	86,92		< 0,01

Погрешность классификации интеллектуального датчика, основанного на методе опорных векторов, реализованного в среде ENCOG, выше по сравнению с J-48 и достигает 86,92 % (табл. 2).

Классификационные возможности диагностического датчика, реализующего метод опорных векторов и различающего три уровня подавления ЭМП, соответствующих различным емкостям помехоподавляющего конденсатора (0 мкФ; отсутствие конденсатора), 1 мкФ и 4,7 мкФ соответственно), продемонстрированы на рис. 4.

Красные точки представляют работу МОВ в классификационном режиме, в то время как зеленые точки иллюстрируют распределение выходных значений интеллектуального датчика, реализующего работу МОВ в режиме регрессии. В идеальном случае красные и зеленые точки должны формировать график трехступенчатой функции, где каждая из горизонтальных ступенек представляет правильно классифицированное значение емкости помехоподавляющего конденсатора (0, 1 и 4,7 мкФ соответственно). В реальном же случае мы видим, что красные точки (классификационный режим работы МОВ) распределены по всей длине горизонтальных прямых — те красные точки, которые выходят за зону соответствующих ступенек, представляют случаи ошибочной классификации.

Зеленые точки распределены не только вдоль горизонтальной, но и вдоль вертикальной оси, что демонстрирует непрерывный характер выходных значений МОВ, который работает в режиме регрессии. При соотнесении каждой зеленой точки регрессионного МОВ с ближайшим горизонтальным уровнем трехступенчатого графика, можно повысить классификационную точность диагностирования значения емкости помехоподавляющего конденсатора.

Один из выводов, который можно сделать на основе анализа данных рис. 4, заключается в том, что интеллектуальный датчик достаточно надежно определяет отсутствие помехоподавляющего конденсатора (нижний левый угол рисунка), что оказывает существенное влияние на уровень ЭМП от системы зажигания. Провести различие между случаями наличия конденсаторов разной емкости (1 и 4,7 мкФ) представляется более проблематичным, но, тем не менее, возможным, что подтверждает классификационный потенциал программных средств диагностики на основе вычислительного интеллекта.

Заданный уровень ошибки в 15 % (предустановленный параметр в программной оболочке ENCOG) был достигнут на первой итерации, демонстрируя тем самым эффективность обучения МОВ. Требование уменьшить ошибку классификации до 10 %, приводит к резкому увеличению необходимого времени обучения — десять минут на ноутбуке Lenovo 580c, используемом для выполнения экспериментов. Однако это ограничение не предотвращает использование интеллектуальных датчиков, так как, проведя обучение один раз, подобные классификаторы способны определять наиболее вероятную причину повышенного уровня ЭМП практически мгновенно на основе диагностических данных. Переобучение и, следовательно, временная задержка на его реализацию потребуется только при существенном изменении режима работы диагностируемой системы.

Выявление высокого уровня ЭМП, и понимание возможных причин его возникновения может быть интересным для некоторых практических задач при прогнозировании уровня электромагнитных помех в сложившихся условиях функционирования. Наиболее очевидной целью стадии прогнозирования в процессе диагностики является определение не-

обходимости и оценки сроков проведения ремонтных работ [8, 9].

В данном исследовании, нацеленном на диагностику уровня ЭМП от системы зажигания двигателя, задачей прогнозирования было восполнение знаний о предельно допустимых значениях уровня ЭМП. Исходные диагностические данные (см. рис. 1) определяют пороговые значения шума не для всех частот внутри интересующего нас частотного интервала, что ставит задачу их интерполяции.

Для ее решения был также задействован интеллектуальный датчик, осуществляющий классификацию диагностических данных на основе метода опорных векторов, реализованного в программной оболочке ENCOG. Результаты прогнозирования представлены на рис. 5, левая половина которого (рис. 5, *а*) сравнивает значения спрогнозированных порогов ЭМП с их реальными значениями для случаев, когда они известны.

Пороговое значение в 15 дБмкВ всегда классифицировалось безошибочно предложенным интеллектуальным датчиком (800 тестовых случаев), в то время как при попытке различить пороговые значения в 6 или 9 дБмкВ были допущены ошибки классификации (60 тестовых случаев из 800).

График рис. 5, *б*, соотносит спрогнозированные значения предельно допустимых ЭМП с частотными диапазонами, на которых эти ЭМП действуют. При этом частотами, на которых следует изменять оценку порогового значения радиопомех, являются 0,416 МГц (предельный уровень шума уменьшается с 9 до 6 дБмкВ) и 47,3 МГц (предел шума увеличивается с 6 до 15 дБмкВ).

Эти результаты можно рассматривать как своего рода знания, приобретенные в ходе обработки и анализа измерительных данных, которые могут оказаться полезными при автоматической настройке предлагаемой ИИС для диагностики уровня ЭМП.

Выводы по работе

1. Предложена интеллектуально-информационная система, которая позволяет классифицировать наиболее вероятные причины возникновения ЭМП, с точностью около 90 %, что было выявлено на примере определения надежности крепления антенны к кузову автомобиля (точность классификации ~94 %) и значения емкости помехоподавляющего конденсатора (точность классификации ~87 %).

2. Продемонстрированы возможности реализованной ИИС в отношении интерпретации диагностических данных для прогнозирования пороговых значений ЭМП в широком диапазоне частот. На практике это может позволить бортовым диагностическим системам автоматически определять уровень ЭМП для текущего режима работы двигателя, что также проявляет интеллектуальные возможности предложенной ИИС для диагностики проблем с ЭМС системы зажигания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Адлер Ю. П.** Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. — М.: Наука, 1976. — 277 с.
2. **Барнс Дж.** Электронное конструирование: методы борьбы с помехами / Дж. Барнс. — М.: Мир, 1990. — 238 с.
3. **Леоненков А. В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БВХ—Петербург, 2005. 736 с.
4. **Петровский С. В., Николаев П. А.** Электромагнитная совместимость автомобильного генератора напряжения // Известия Высших учебных заведений. Электромеханика. № 5. Новочеркасск: ЮРГПУ, 2014.
5. **Петровский С. В., Николаев П. А.** Моделирование электромагнитных помех при работе системы зажигания автомобиля // Научные труды V международной молодежной научно-технической конференции "Электроэнергетика глазами молодежи" Том 1. Томск. ТПУ, 2014. С. 355—359.
6. **Петровский С. В.** Интеллектуально-измерительная система для идентификации и классификации радиопомех от системы зажигания автомобиля // Сборник трудов пятой международной научно-практической конференции "Измерения в современном мире 2015". Санкт-Петербург. СПГПУ, 2015. С. 89—99.
7. **Petrovski S., Bouchet F., Petrovski A.** Data-driven Modelling of Electromagnetic Interferences in Motor Vehicles. // IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA 2013) Albena, Bulgaria 2013. ISBN: 978-1-4799-0659-8. DOI: 10.1109/INISTA.2013.6577658. P. 1—7.
8. **Petrovski S., Rattadilok P., Petrovski A.** Anomaly Monitoring Framework Based on Intelligent Data Analysis // In the Proceedings of the 14th International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning (IDEAL 2013), October 2013, Hefei, China. Springer Global, Lecture Notes in Computer Science, volume 8206. P. 134—141. ISBN 978-3-642-41277-6. DOI: 10.1007/978-3-642-41278-3_17.
9. **Petrovski A., Rattadilok P., Petrovski S.** Designing a context-aware cyber physical system for detecting security threats in motor vehicles // SIN'15 Proceedings of the 8th International Conference on Security of Information and Networks, Sochi, Russia. 2015. P. 267—270. ISBN 978-1-4503-3453-2. DOI>10.1145/2799979.2800029.
10. **Niculita O., Skaf Z., Jennions I. K.** 2014. The Application of Bayesian Change Point Detection in UAV Fuel Systems. In the Proceedings of the 3rd Conference on Through-life Engineering Services, Procedia CIRP [Текст]. 22. P. 115—121. DOI: 10.1016/j.procir.2014.07.119.

УДК 629.083

Д. В. Лебедев, магистрант, e-mail: dzemitory@yandex.ru, **Б. С. Антропов,** д-р техн. наук, профессор, ЯГТУ, Ярославль, Россия, e-mail: antropovbs@ystu.ru

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье предложены методы снижения трудоемкости технического обслуживания автомобилей. Определены возможные системные подходы для решения данной проблемы. Описаны особенности применения предложенных методов. Сделаны выводы о положительном влиянии методов, описанных в статье. Полученные сведения могут быть использованы автотранспортными предприятиями для разработки методики технического обслуживания автомобилей и увеличения их ресурса.

Ключевые слова: *трудоемкость, техническое обслуживание, самоотвинчивание.*

This article suggests methods to reduce the complexity of vehicle maintenance. The system possible approaches to solve this problem are identified. The features of the proposed methods are described. The findings about the positive influence of the methods are described in the article. This information can be used by transport companies to develop methods of vehicle maintenance and increase their resource.

Keywords: *complexity, maintenance,self-unfastening.*

В условиях рыночной экономики автомобильный транспорт является основным средством грузоперевозок, обеспечивающим доставку от производителя до потребителя без перегрузок, что обеспечивает своевременность и надежность. В связи с этим к автомобильному транспорту выдвигаются более жесткие эксплуатационные требования по безопасности, надежности, расходу ГСМ и трудоемкости технического обслуживания. Более чем за век конструирования и эксплуатации автомобильной техники зарубежные и российские промышленники создали обширную базу знаний о методах и средствах технического обслуживания. Однако вопрос, касающийся трудозатрат на данный вид работ, в настоящее время не потерял актуальности и продолжает ставить новые задачи перед производителями автомобильного транспорта, комплектующих и сопутствующих товаров. Данный фактор, как и надежность, оказывает существенное влияние на работоспособность автомобилей и себестоимость грузоперевозок. В ряде исследований приводятся данные о распределении статей расходов в себестоимости перевозок [1]. Имеются данные и о затратах на ТО и ТР. Видно, что эти расходы являются основными и достигают 22—23 % общих затрат. Учитывая данное обстоятельство, в мировом автомобилестроении активно ведутся исследования, касающиеся снижения трудоемкости ТО.

Существует несколько принципиальных подходов при решении данной проблемы. Один из них касается аспектов организации ТО автомобилей.

В то время как в Российской Федерации до сих пор распространена система технического обслуживания ТО-1/ТО-2, ряд зарубежных фирм вводит для своей продукции систему периодического ТО, зависящую от необходимости замены масла в двигателе. Данный вид ТО имеет нумерацию: $ТО_1$, $ТО_2$, ... $ТО_n$, — где n — номер ТО перед списанием или отправкой автомобиля в капитальный ремонт. Соответственно, чтобы перейти на данную систему, нужно понимать степень влияния моторного масла на работоспособность двигателя и сопутствующих систем.

Основной технической задачей, которая ставится перед любым моторным маслом, является снижение трения движущихся деталей в период работы двигателя. Рассматривая идеальные условия, можно составить понятия о желаемых свойствах масла: при его высокой долговечности и постоянности свойств в широком диапазоне температур сила трения в парах трения должна быть минимальной.

Необходимо учитывать, что в процессе работы двигателя неизбежны изменения физико-химических показателей, при которых одновременно будет изменяться состояние двигателя. Исследование взаимосвязи состояния масла и состояния двигателя ставит необходимым выявлять оптимальные показатели качества масла и циклы работы двигателя. И если для улучшения эффективности работы следует обратить внимание на процессы, происходящие

внутри двигателя, то для повышения надежности и ресурса необходимо вести работы над повышением химических свойств масла.

Производителями автомобильного транспорта в руководствах по эксплуатации обычно заявлены следующие сроки замены масла: через каждые 15—40 тыс. км пробега. Периодичность зависит как от рекомендаций по конкретным моделям автомобилей, так и от качества используемого масла.

Следует учитывать, что при тяжелых условиях эксплуатации рекомендуется сокращать периодичность вдвое, что является актуальным для большинства регионов России. Однако этот период можно существенно увеличить, используя моторные масла с лучшими показателями.

Однако моторное масло — далеко не единственный фактор, на который стоит обратить внимание при регулировании системы ТО. Таким образом, при распределении годовых объемов работ ТО по видам выполняемых работ большая часть трудоемкости приходится на крепежные и регулировочные работы.

Существует как минимум два пути решения данной проблемы. Некоторые варианты можно рассматривать при вводе транспортного средства в эксплуатацию, в то время как другие требуют внедрения непосредственно на этапе проектирования автомобиля.

Первый путь решения — **внедрение автоматизированного оборудования по обслуживанию ответственных узлов и агрегатов автомобиля.**

В качестве примера можно привести автоматизированную централизованную систему смазки пар трения в узлах шасси автомобиля [3]. Смазка подается автоматически после определенной наработки автомобиля, сроки которой вносятся в программу работы системы. Таким образом, отпадает необходимость шприцевания точек смазки узлов и агрегатов ходовой части автомобиля, предусмотренных инструкциями заводов-изготовителей при ТО-1 и ТО-2 или периодическом ТО. Подобные системы резко снижают трудоемкость смазочных работ на автомобилях и повышают ресурс агрегатов за счет равномерного и точного смазывания, а также герметичности системы.

Сюда же следует отнести гидрокомпенсаторы в механизме газораспределения двигателя, практически исключающие регулировку зазоров в системе "клапан — коромысло". Система работает под давлением масла в системе смазки двигателя и автоматически возвращает зазоры к требуемым нормам при их увеличении вследствие износов деталей. Заводами-изготовителями рекомендовано проверять зазоры после первых 150—200 тыс. км пробега автомобиля (на грузовых автомобилях фирмы Hyundai рекомендовано производить проверку зазоров при 240 тыс. км).

Также заслуживает внимания отказ в конструкции двигателей от раздельных ременных приводов таких агрегатов, как водяной насос, генератор, насос гидроусилителя руля, компрессор тормозных систем автомобиля и вентилятор систем охлаждения. Агрегаты в современных двигателях приводятся от шкивов коленчатого вала единым ремнем с натяжным пружинным роликом, обеспечивающим автоматическое натяжение ремня (такая система получила распространение на грузовых автомобилях фирмы Hyundai).

Второй путь снижения трудоемкости ТО — **нахождение более выигрышных аналогов существующим системам крепежа и соединений.**

На данный момент наблюдается преобладание резьбовых соединений, таких как винты, болты, гайки и шпильки, которые, в свою очередь, имеют свои недостатки:

— низкий КПД в подвижных резьбовых соединениях;

— снижение усталостной прочности вследствие концентрации напряжений во впадинах резьбы;

— неравномерность нагрузок на сопряженных витках;

— большая вероятность самоотвинчивания при воздействии знакопеременных нагрузок на оси;

— быстрый износ и ослабление резьбового соединения при частых разборках/сборках.

На данный момент ведется активный поиск решений по устранению данных недостатков. Так, рассматривается возможность изменения форм и геометрии. Распространенным ранее способом было применение пружинных и плоских шайб. Однако данный метод постепенно теряет актуальность. Большее распространение получают болты с рифлением и насечками, которые способствуют увеличению надежности соединения, уменьшению диаметров и количества требуемых болтов. Плоские шайбы в этом случае изготавливаются как единая единица с гайкой и головкой болта с целью увеличения опорной поверхности с контактирующими деталями. Контактирующие поверхности указанных деталей имеют насечку для исключения самоотворачивания.

В качестве достаточно нового и прогрессивного решения можно назвать применение обжимных болтов (рис. 1). Раньше для сборки рам автомобильной спецтехники применялся несомненно надежный, однако и не менее затратный метод полнотелой горя-

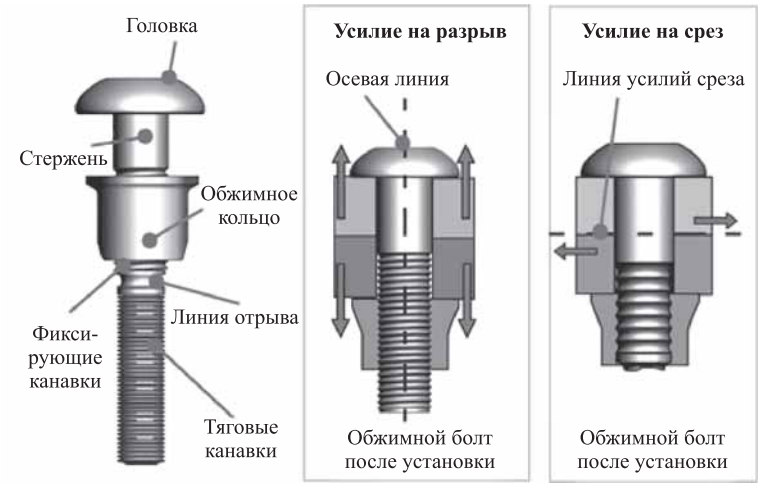


Рис. 1. Болт с обжимным кольцом

чей заклепки. Применение обжимных болтов обладает аналогичными характеристиками при меньших затратах по трудоемкости и оборудованию. В качестве примера можно привести рамы таких грузовиков, как MAN, Volvo и Scania. Они собраны как раз с помощью таких болтов с обжимным кольцом большого диаметра.

Принцип установки обжимного болта таков.

В отверстие вставляют болт. На болт надевают обжимное кольцо фаской в сторону заклепочного инструмента.

Насадку заклепочника надевают на хвостовик болта.

Инструмент захватывает и втягивает хвостовик болта.

Материал прижимается головкой болта.

Насадка прижимает обжимное кольцо во встречном направлении.

Кольцо опрессовывается: материал вдавливается в запирающие канавки болта.

Хвостовик болта отрывается.

Другим методом достижения необходимых характеристик сборных соединений является применение гелей и клеев, которые наносятся на поверхность с резьбой, а при контакте с металлом и отсутствии воздуха полимеризируются, решая таким образом проблему самоотвинчивания (рис. 2). Благодаря полимеризации достигается герметичность резьбовых соединений, что обеспечивает защиту резьбы от коррозии, заедания и фрикционного спекания, а также гарантирует высокую прочность и стойкость к вибрации. Причем данный способ универсален (подходит для любых резьбовых соединений), не требует значительных инвестиций, при этом показывает высокие характеристики сохранения усилия сжатия (рис. 3). Недостатками указанного метода является тот факт, что фирмы-изготовители автотранспортной техники рекомендуют при переборке узлов и агрегатов в условиях эксплуатации использованные крепежные элементы менять на новые.

Рассмотренные методы, по мнению авторов, способствуют снижению трудоемкости при проведении ТО автомобилей, что в конечном итоге приводит к повышению их работоспособности.

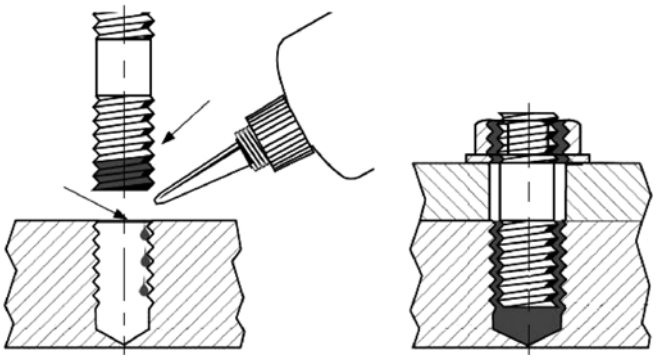


Рис. 2. Применение клеев и герметиков в резьбовых соединениях

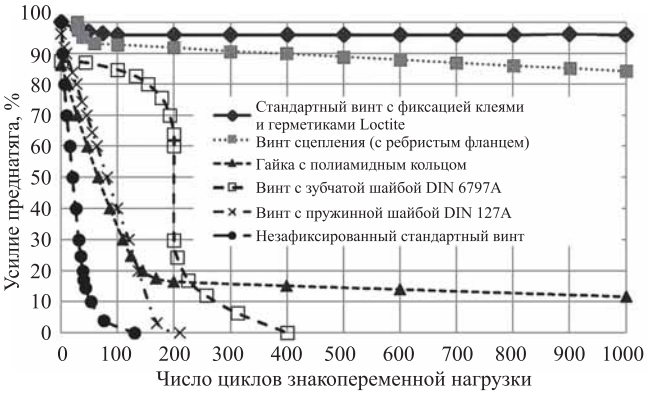


Рис. 3. Кривые самоотвинчивания различных типов фиксации резьбовых соединений

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Аринин И. Н.** Техническая эксплуатация автомобилей / И. Н. Аринин, С. И. Коновалов, Ю. В. Баженов — Изд. 2-е. — Ростов н/Д: Феникс, 2007. — 314 с.
2. **Положение** о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. — М.: Транспорт, 1986. — 72 с.
3. **Антропов Б. С.** Эффективность применения автоматических централизованных систем смазки на автомобильном транспорте / Б. С. Антропов, Д. В. Лебедев // Вестник АПК Верхневолжья. — 2015. — № 4 (32). — С. 90—93.
4. **loctite.gluesale.ru** [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://loctite.gluesale.ru/solutions/threadlock/

УДК 629.3.082(075.32)

Х. А. Фасхиев, д-р техн. наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет, **А. В. Крахмалева,** канд. эконом. наук, доцент, Финансовый университет при Правительстве РФ
E-mail: faskhiev@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

Приведены теоретические аспекты создания высокоэффективной международной автотранспортной системы, управляемой территориальными координационно-логистическами центрами. Перевозка линейная и базируется на методе "тяговых плеч". Установлены ключевые факторы, оказывающие влияние на эффективность доставки грузов на линейном маршруте и характеризующие возможности системы доставки.

Ключевые слова: *грузовой автомобиль, международная автомобильная перевозка, линейный маршрут, метод "тяговых плеч"; координационно-логистический центр.*

Theoretical aspects of creation of the highly effective international motor transportation system operated territorial coordination logistic by the centers are given. Transportation linear is also based on a method of "traction shoulders". The key factors exerting impact on efficiency of cargo delivery on a linear route and characterizing possibilities of system of delivery are established.

Keywords: *truck, international automobile transportation, linear route, method of "traction shoulders", coordination and logistic center.*

(Рисунки на 4-й полосе обложки)

Одной из острейших проблем транспортной системы России является технико-технологическое отставание по отдельным направлениям от мировых лидеров. Растущий спрос на перевозки сдерживается недостаточным развитием транспортно-технологических систем страны, что негативно отражается в сроках и стоимости доставки грузов. Все еще на низком уровне остается транспортно-экспедиционное обслуживание населения и организаций. Так, в цене импортных товаров транспортная составляющая доходит до 70—80 %, а с учетом интересов всех посредников первоначальная цена товара увеличивается в 2—4 раза.

Особо высокие требования транспортно-технологическим системам предъявляются в международных перевозках. В этом случае груз, как правило, несколько раз перекладывается с одного вида транспорта на другой, перевозки осуществляются на дальние расстояния, несовершенство вклада элементов транспортной системы в конечный результат многократно перемножается, или приводит к остановке процесса доставки. Учитывая большой объем российского рынка международных автотранспортных услуг (более 7 млрд долл.), можно утверждать, что проблема разработки эффективных транспортно-технологических систем в международных автомобильных перевозках (МАП) задача актуальная.

МАП динамично развивающаяся отрасль. Она обеспечивает 4 % перевозок внешнеторговых грузов по объему и более 30 % — по стоимости, способствует пополнять бюджет страны более чем на 7 млрд руб. ежегодно. Участников внешнеэкономической деятельности автотранспорт привлекает, прежде всего, тем, что он обеспечивает доставку грузов в кратчайшие сроки "от двери до двери". Его конкурентными преимуществами являются маневренность, относительно высокая скорость, оперативность, высокая степень сохранности перевозимых грузов, возможность перевозки небольших партий груза и срочность доставки. Гибкость автомобильного транспорта дает

возможность выбора более эффективного маршрута, а приспособленность к взаимодействию с другими видами транспорта делает его незаменимым участником смешанных перевозок.

Автомобильному транспорту нет адекватной замены при перевозке малотоннажных и тарно-штучных грузов на небольшие и средние расстояния (до 3000 км), а также при необходимости срочности доставки. Автотранспорт обеспечивает четверть внешнеторгового оборота России, а по импорту из стран ЕС — более 60 %. На этом рынке функционируют более 4,5 тыс. российских автотранспортных предприятий, владеющих общим парком подвижного состава свыше 50 тыс. грузовых автомобилей, число работников на этих предприятиях превышает 200 тыс. работников. Большинство участников МАП это предприятия малого и среднего бизнеса. Среди перевозчиков 50 % компаний обладают парком не более десяти автомобилей. Доля транспортных средств, соответствующих нормам Евро 4 и 5, превышает 45 %. Объем годовой перевозки в МАП России в 2015 г. составил 36 млн т, из них 40 % приходилось на долю российских перевозчиков. Ежегодно российские перевозчики используют более 1,3 млн иностранных разрешений на въезд.

Глубокая интеграция автотранспорта в международные логистические цепочки поставок существенно повышает его привлекательность для субъектов малого и среднего бизнеса, которые заинтересованы в мелкопартионных отправках внешнеторговой продукции. Международный автотранспорт вносит большой вклад в развитие внешнеэкономической деятельности страны.

В "Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года" приоритетными целями объявлены развитие международных транспортных коридоров (МТК), обеспечивающих их конкурентоспособность на мировом уровне; интеграция в международное транспортное пространство, включая формирование контейнерных "мостов", повышение среднесуточной скорости доставки грузов автотранспортом с сегодняшних 500 км до 1100 км.

Крупнейшим торговым партнером России являются страны ЕС, доля которых в экспорте-импорте России составляет более 48 %, поэтому особый интерес представляет развитие высокоэффективных международных автотранспортных систем именно в направлении Запад—Восток.

По оценкам экспертов, в России доля затрат на транспортировку продукции по международным транспортным коридорам в среднем в 2 раза выше, чем в странах ЕС, а производительность автотранспорта в 4 раза ниже [1]. Это связано с тем, что МАП регулируется международными правовыми нормами, имеют специфику, связанную с пересечением границы и перемещением товаров из страны в страну. Кроме того, МАП имеет ряд сложностей в сфере организации движения грузопотока:

— большие расстояния перевозок, что влечет за собой спрос на высокоэффективные большегрузные автопоезда;

— на подвижной состав установлены на международном уровне жесткие требования по безопасности и экологичности;

— длительная работа вдали от производственной базы, что обусловливает сложность управления процессом перевозки, ограничивает возможность принятия оперативных решений;

— большой простой подвижного состава, связанный с вынужденным отдыхом водителей на маршруте. (В соответствии с Европейским соглашением, касающимся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР), ежедневная продолжительность управления автотранспортным средством не должна превышать 9 ч. Она может быть увеличена дважды в течение любой одной недели до 10 ч. Общая продолжительность управления автотранспортным средством в течение любых двух недель не должна превышать 90 ч. Ежедневный отдых водителя должен составлять не менее 11 ч, через каждые 4,5 ч вождения должен быть перерыв с продолжительностью не менее 45 мин [2]. С учетом отдыха и перерывов в работе, дорожных условий и других факторов средняя скорость движения груза в России на практике не превышает 450—500 км в сутки, в странах Европейского союза — 600—700 км. Это при потенциальном пробеге в междугородных перевозках до 2000 км в сутки. Таким образом, груз находится в движении в среднем лишь 9—10 ч в сутки);

— перевозки должны сопровождаться рядом специфических документов, направленных на обеспечение таможенных платежей (карнет ТИР, ДКД, банковская гарантия, карнет АТА и др.);

— специфические затраты, повышающие себестоимость перевозок (суточные, оплата за найм жилья, сборы за въезд в страну, дорожные сборы, оформление виз и загранпаспортов, карнетов ТИР, CMR, "зеленой карты" и др.) повышают стоимость доставки грузов на 20—30 %.

Существенный экономический и экологический эффект на транспорте может быть достигнут путем правильной организации и эксплуатации традиционных видов транспорта на основе передовых информационных технологий управления и построения рациональных логистических цепей без перегрузочной доставки грузов, реализуя основной принцип транспортного бизнеса "если есть колеса, они должны вращаться без остановки". При выполнении данного принципа перевозчик может рассчитать на максимальный эффект своей деятельности.

Эффективная перевозка должна соответствовать следующим требованиям: минимальные сроки доставки; минимальная себестоимость перевозок; гибкость обслуживания; доставка "от двери до двери"; сохранность груза; своевременность доставки; надежность перевозок; эксплуатационная готовность перевозчика; минимум промежуточных перегрузочных операций; возможность получения достоверной информации в любом этапе перевозок о тарифах, об условиях перевозки и местоположении груза; возможность таможенного оформления, а также документационное обеспечение; безопасность перевозок и пр.

Решить вышеприведенные проблемы в междугородных и международных перевозках можно созданием системы линейных автомобильных перевозок по методу "тяговых плеч", управляемых координационно-логистическими центрами (КЛЦ), расположенными в крупных транспортных узлах. Линейная перевозка означает движение подвижного состава по установленному маршруту со строгим соблюдением расписания движения. При этом организация движения подвижного состава по маршруту осуществляется на основе технологии "тяговых плеч", для чего целесообразно использовать однотипный подвижной состав тягач-полуприцеп или бортовой автомобиль с прицепом. Перевозку по методу "тяговых плеч" целесообразно организовать при наличия постоянных грузовых потоков на маршруте, по которому совершаются регулярные междугородные и международные перевозки. Протяженность плеч должна обеспечивать возможность в пределах рабочей смены возврата водителей каждого транспортного средства — участников линейной перевозки в пункт дислокации. При выборе числа транспортных организаций, которые будут принимать участие в организации подобной схемы, необходимо учесть наличие транспортных предприятий в планируемых пунктах перецепки, и наличие у них соответствующих моделей транспортных средств. При этом желательно минимальное число участников системы, что позволит организовать процесс перевозки более четко и без задержек. Наилучшим с точки зрения эффективности управления и транзакционных издержек является вариант, когда линейный маршрут обслуживается одной транспортной компанией, которой будет принадлежать парк подвижного состава и КЛЦ по всему маршруту.

На базе КЛЦ организовываются региональные перевозки для завоза-вывоза грузов в КЛЦ, их хранение, упаковка, маркировка, группировка. Вторая функция КЛЦ — обеспечение непрерывности линейных перевозок на закрепленных за ними участках маршрута. Структура КЛЦ должна включать центр управления движением, службу контроля движения грузопотоков, транспортных единиц, службы местных перевозок, складское хозяйство, отдел связи и системного администрирования, управление логистического моделирования, организационное управление, состоящее из служб экспедирования, цифрового документооборота и взаимодействия со смежными информационными системами, а также службу технической эксплуатации подвижного состава и погрузочно-разгрузочных механизмов логистического центра.

Суть линейных грузовых автоперевозок заключается в том, что перевозка осуществляется по установленному маршруту при строгом соблюдении графика движения. Выезд автомобилей из конечных пунктов, прибытие и убытие на КЛЦ осуществляется строго по расписанию. По маршруту осуществляется "встречное движение" тягачей, которые на КЛЦ "обмениваются своими полуприцепами (рис. 1, 2).

Каждая единица подвижного состава совершает челночное движение по схеме "туда—обратно" между соседними КЛЦ. Для соблюдения условия возврата тягача в течение рабочей смены на КЛЦ базирования, расстояние между ними должно составлять 200—300 км. КЛЦ целесообразно располагать на крупных транспортных узлах, где формируются большие объемы грузовых потоков. Для выполнения функций КЛЦ наиболее полно подходят расположенные по маршруту грузовые терминалы в транспортных узлах.

Необходимо отметить, что линейные перевозки по методу "тяговых плеч" могут быть организованы и в регулярных междугородных и международных маршрутах перевозки пассажиров. В дальних маршрутах при таком подходе каждый автобус будет обслуживать лишь один водитель вместо двух, как сейчас принято. При этом у перевозчика сокращаются затраты по таким статьям, как заработная плата второго водителя, оплата суточных, найм

жилья. Это способствует повышению рентабельности пассажирских перевозок, появляется возможность снижения цены билетов за проезд.

Весьма привлекательной для организации линейных международных автоперевозок является трансъевропейский маршрут по Международному транспортному коридору № 2 Нижний Новгород — Москва — Варшава — Берлин (протяженность маршрута 2241 км). При интенсивности движения автотранспорта по МТК № 2, равной в среднем 300 тыс. автомобилей в год, и объеме перевозимых грузов в 6 млн т (35 % общего объема внешнеторговых грузов России), данный маршрут считается недозагруженным. Для увеличения грузопотоков по данному маршруту в рамках линейной транспортной системы возможно два варианта организации движения.

1. **Метод перецепки полуприцепов.** Тягачи линейных автопоездов курсируют челночно между соседними КЛЦ, размещенными в определенных транспортных узлах на расстоянии 200—300 км друг от друга. В КЛЦ полуприцеп отцепляется от первого тягача, и передается второму тягачу, прибывшему из соседнего КЛЦ, а свой полуприцеп он отдает первому тягачу. Каждый тягач в течение смены возвращается на свой КЛЦ базирования. Время оборота тягача на одном плече не должно превышать продолжительности смены.

2. **Метод смены водителей.** Суть метода заключается в том, что водитель, доставив автопоезд со своего КЛЦ в соседний КЛЦ по установленному маршруту, передает его водителю, который доставил автопоезд в этот КЛЦ во встречном движении, принимает у него транспортное средство и возвращается в КЛЦ базирования, т.е. водители встречных автопоездов линейного маршрута обмениваются транспортными средствами и возвращаются в свои КЛЦ базирования.

Возможен вариант организации линейных перевозок на базе автомобилей со съемными кузовами. В настоящее время ПАО "КАМАЗ" и "Окский машиностроительный завод" реализуют проект организации производства автомобилей и со съемными кузовами. В качестве кузовов можно использовать и контейнеры. В этом случае движение по маршруту организуется по первому методу.

В случае применения автопоездов с прицепами — движение на маршруте организуется по методу смены водителей. При этом варианте появляется возможность оставлять предназначенный клиенту данного региона груз в прицепе в КЛЦ региона, а затем прицепить к тягачу подготовленный к перевозке в данном направлении прицеп с грузом. Доставку прицепа с грузом клиенту из КЛЦ или в КЛЦ со склада клиента будут уже осуществлять местные перевозчики.

Координацию и синхронизацию управления взаимодействием всех звеньев интегрированной цепи поставок товаров и обеспечение рационального управления транспортным узлом осуществляет КЛЦ. Для этого за каждым КЛЦ как в системе управления воздушными перевозками, закрепляются зоны ответственности на маршруте. Любые сбои движения в зоне ответственности КЛЦ должные быть устранены его силами и средствами.

Для достижения эффективности международных линейных автомобильных перевозок необходимо придерживаться следующих принципов: организацию, контроль над движением груза от грузоотправителя до грузополучателя осуществляет одна транспортная организация, которой принадлежит весь парк подвижного состава и все КЛЦ по маршруту; обеспечение круглосуточного движения груза осуществляется строго по расписанию; порожние пробеги исключаются; используется метод перецепки полуприцепов в КЛЦ, т.е. водитель на своем транспортном средстве в течение смены совершает челночное движение между соседними КЛЦ по одному и тому же маршруту. На маршруте используются более экономичные седельные тягачи с малой "дневной" кабиной, завоз-вывоз грузов из КЛЦ в регионе осуществляется местными перевозчиками. Груз от отправителя до получателя доставляется по единым товаросопроводительным документам, а на приграничных межтаможенных перевозках не исключается использование таможенных перевозчиков. Для исключения задержек на пограничных переходах потребуются межправительственные соглашения стран — участников линейной перевозки. Неурегулированность процедуры пересечения границы может нарушить расписание движения подвижного состава по всему маршруту.

Организацию перевозок и контроль над грузопотоком на участках осуществляет диспетчерская служба КЛЦ. Для обеспечения непрерывности движения автопоездов на линейном маршруте и эффективного их использования завоз-вывоз грузов в КЛЦ осуществляется местными перевозчиками, что дает возможность организовать движение линейных тягачей в течение суток по графику независимо от времени функционирования складов грузоотправителей и грузополучателей в регионе.

Расписание линейных маршрутов должны обеспечить: регулярность перевозок; максимальное

использование вместимости транспортных средств; удовлетворение потребностей наибольшего числа заказчиков перевозок; эффективность затрат времени на перевозку; минимизацию порожних пробегов транспортных средств; взаимосвязь с графиками и расписаниями других видов транспортных средств.

В принятом для примера маршруте предполагается разместить восемь КЛЦ (в Нижнем Новгороде, во Владимире, в Москве, Вязьме, Минске, Варшаве, Познани и Берлине), транспортировка груза на границах будет осуществляться таможенными перевозчиками (рис. 3).

Для линейных перевозок рациональнее использовать тягачи с малыми кабинами без спального места. У этих тягачей снаряженная масса меньше, следовательно, они имеют меньший расход топлива, чем тягачи с большой кабиной со спальным местом. Они удобны еще и тем, что при маневре обзор назад лучше, а разворачивается или совершает маневр такой тягач с полуприцепом на меньшей площадке [5]. По данным компании Volvo тягачи с "дневной" кабиной за одну ездку тратят на 2 % меньше топлива, чем тягачи с большой "спальной" кабиной.

С учетом средней эксплуатационной скорости седельных тягачей в междугородных перевозках (в России 60 км/ч, в странах ЕС — 70 км/ч) [3], времени на перецепку полуприцепов (10—15 мин) и прохождения пограничного таможенного контроля на прохождение маршрута Нижний Новгород—Берлин потребуется примерно 40 ч. В настоящее время подвижной состав с двумя водителями данный маршрут проходит за 5—6 суток (120—144 ч). Расчеты показывают, что при организации линейных перевозок имеется реальная возможность сократить сроки доставки грузов по данному маршруту в 3—3,5 раза. При этом благодаря экономии топлива, заработной платы водителей, командировочных расходов затраты на перевозку сокращаются на 25—30 % (таблица). Кроме того, вследствие улучшения условий труда водителей повышается безопасность перевозок, упрощается система документооборота.

Результаты расчетов оценки эффективности технологии перевозок по методу "тяговых плеч" на маршруте Нижний Новгород—Берлин

Показатели	Линейная перевозка	Классическая схема
1. Время доставки, ч	40	120
2. Суммарные затраты на перевозку, тыс. руб.	182,6	202,5
3. Затраты на топливо, тыс. руб.	17,7	18,1
4. Число водителей за один рейс	10 (между двумя КЛЦ-1)	2
5. Средняя суточная скорость доставки, км/сут.	1318	438

Выводы

Внедрение системы линейных международных перевозок грузов с координацией взаимодействия участников транспортного процесса КЛЦ, расположенными в крупных транспортных узлах, позволит снизить логистические издержки в цене товара в России с нынешних 16—20 % до общемирового уровня — 10—12 %. Кроме того, при линейных перевозках повышается качество транспортных услуг, появляется возможность реализации основного принципа логистики — доставки груза "точно в срок".

Создание системы линейных магистральных автоперевозок повысит конкурентоспособность российских перевозчиков. Появляется реальный шанс трансформации географического расположения России в ее конкурентное преимущество. Это создаст дополнительные источники дохода как для транспортной отрасли, так и для бюджета в целом. Линейная автотранспортная система является актуальным направлением исследований в решении задач, поставленных в "Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Транспортная** стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
2. **Савин В. И.** Перевозки грузов автомобильным транспортом. — М.: Издательство "Дело и Сервис", 2004. — 544 с.
3. **Горев А. Э.** Грузовые автомобильные перевозки. — М.: Издательский центр "Академия", 2004. — 288 с.
4. **Фасхиев Х. А., Зарипова А. А.** Организация линейных международных автомобильных перевозок по методу "тяговых плеч" // Сборник трудов VIII МНТК "Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств". — Пенза: Изд-во ПГУАС, 2014. — С. 97—103.
5. **Фасхиев Х. А., Ситникова О. А.** Конкурентоспособность автомобиля и ее моделирование на стадии проектирования // Маркетинг. — 2000. — № 5. — С. 45—54.

УДК 625.72

В. В. Столяров, д-р техн. наук, профессор, **Н. В. Щеголева,** канд. техн. наук, доцент,
Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина,
А. В. Кочетков, д-р техн. наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет
E-mail: soni.81@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ РИСКА ПОТЕРИ ИНФОРМАЦИИ

За последние десятилетия проблема обеспечения безопасности движения в Российской Федерации стала особенно острой вследствие значительного роста в транспортном потоке доли легковых и легких грузовых автомобилей, увеличения интенсивности движения, которые значительно усложняют процесс движения смешанного транспортного потока. Вероятностный подход, в частности теория риска, позволяет повысить безопасность, комфорт и удобство движения путем изменения геометрических и транспортно-эксплуатационных показателей дорог.

Ключевые слова: *математическая модель, законы распределения, статистика, теория риска, скорость, водитель.*

In recent decades, the problem of traffic safety in Russia, Federation has become particularly acute because of the significant growth in traffic share of passenger cars and light trucks, the increase in traffic, which considerably complicate the movement of mixed traffic flow. A probabilistic approach, in particular the theory of risk, improves safety, comfort and ease of movement by changing the geometry and vehicle operating parameters of roads.

Keywords: *mathematical model, distribution laws, statistics, risk theory, the speed of the driver.*

Скорость — важный показатель транспортного потока, оценивающий безопасность движения [1, 4]. Для определения входных параметров математических моделей оценки риска необходимо знать их законы распределения [3]. В нашем случае это скорости движения автомобилей на участках автомобильных дорог с различной комплектацией предупреждающих и запрещающих знаков. Протяженность участков составляла 100—200 м.

Закономерности, наблюдаемые в массовых случайных явлениях, проявляются точнее и отчетливее, если объем статистического материала достаточно большой. При обработке обширных по объему статистических данных скоростей движения автомобилей возникает вопрос об определении законов распределения. Теоретически при достаточном количестве опытов свойственные этим случайным величинам закономерности будут осуществляться точно. На практике приходится иметь дело с ограниченным количеством экспериментальных данных. В связи с этим результаты наблюдений и их обработки всегда содержат элемент случайности. Поэтому к методике обработки экспериментальных данных следует предъявлять такие требования, чтобы она, по возможности, сохраняла типичные, характерные черты наблюдаемого явления и отбрасывала все несущественное, второстепенное.

Обработка значений скоростей автомобилей выполним с использованием известных приемов математической статистики, среднее значение, дисперсию и среднее квадратическое отклонение скоростей движения определяли двумя методами.

Мультипликативный метод:

среднее значение

$$\overline{X} = X_a + \frac{d}{n}B; \quad (1)$$

дисперсию измеренных скоростей движения

$$\sigma^2 = \frac{d^2}{n-1}\left(A - \frac{B^2}{n}\right); \quad (2)$$

среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}. \quad (3)$$

Метод суммирования:

$$\overline{X} = U_k - d\left(\frac{M}{n} - 1\right); \quad (4)$$

$$\sigma^2 = \frac{d^2}{n-1}\left(2\sum T - M - \frac{M^2}{n}\right); \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}. \quad (6)$$

Все обозначения в формулах (1) — (6) показаны в табл. 1

В табл. 1 дан пример статистической обработки скорости движения автомобилей на участке длиной 200 м и показаны методы определения среднего значения и среднего квадратического отклонения скоростей движения одиночных автомобилей.

По мультипликативному методу:

среднюю скорость движения (параметры формулы представлены в табл. 1)

$$v_{\text{ср}} = x_a + \frac{d}{n}B = 89 + \frac{2}{93}(-50) = 87,92 \text{ км/ч};$$

дисперсию

$$\sigma^2 = \frac{d^2}{n-1}\left(A - \frac{B^2}{n}\right) =$$

$$= \frac{2^2}{93-1}\left(3574 - \frac{(-50)^2}{93}\right) = 154,22 \text{ км/ч};$$

среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = 12,42 \text{ км/ч};$$

$$C_v = \frac{\sigma_v}{V_{\text{ср}}} = \frac{12,24}{87,92} = 0,139.$$

По методу суммирования (см. табл. 2)

$$v_{\text{ср}} = U_k - d\left(\frac{M}{n} - 1\right) =$$

$$= 119 - 2\left(\frac{1538}{93} - 1\right) = 87,92 \text{ км/ч};$$

дисперсия

$$\sigma^2 = \frac{d^2}{n-1}\left(2\sum_{i-1}^{n} T - M - \frac{M^2}{n}\right) =$$

$$= \frac{2^2}{93-1}\left(2\sum_{i=1}^{93} 15260 - 1538 - \frac{1538^2}{93}\right) = 154,22 \text{ км/ч};$$

$$\sigma = 12,42 \text{ км/ч}.$$

В табл. 2 приведен пример сравнения эмпирического распределения с нормальным по критерию согласия Пирсона.

Критерии Пирсона (χ^2) и Романовского (R) основываются на сравнении фактического и теоретического количества частот исследуемого показателя в разрядах. Число разрядов должно быть не менее пяти, а фактическая частота в разряде не менее трех.

Вероятность P_i в табл. 1 вычисляли по формуле Симпсона

$$P_i = \int_a^b f(x)dx =$$

$$= \frac{b-a}{6m}\left[(y_0 + y_{2m}) + 2(y_2 + y_4 + \cdots + y_{2m-2}) + \right. \quad (7)$$

$$\left. + 4(y_1 + y_3 + \cdots + y_{2m-1})\right].$$

Формулу используем при $m = 2$

$$P_i = \frac{b-a}{12}\left[(y_0 + y_4) + 2y_2 + 4(y_1 + y_3)\right], \quad (8)$$

где b и a — правая и левая границы скоростей движения автомобилей в разрядах интервалов (см. табл. 2); y_1, y_2, y_3, y_4 — ординаты точек, определяемые по формуле в случае нормального распределения:

$$y_i = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{v_i - v_{\text{ср}}}{2\sigma^2}\right)^2}\Big|_a^b. \quad (9)$$

При сравнении с нормальным законом распределения применяли также формулу вида

$$P_i = \Phi\left(\frac{v_{i+1} + \overline{v}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{v_i - \overline{v}}{\sigma}\right), \quad (10)$$

где $\Phi(u)$ — функция Лапласа; v_{i+1} и v_i — правая и левая границы скоростей движения автомобилей в разрядах интервалов (см. табл. 2); $\overline{v}$ и σ_y — средняя скорость и среднее квадратическое отклонение скорости движения на экспериментальном участке, км/ч.

Для теоретического распределения число степеней свободы определяли по формуле $v = k - r$, где k — число разрядов, r — число наложенных связей (для нормального распределения $r = 3$). Из табл. χ^2 распределения [2] при $\chi^2 = 8,47$ и $v = 9$ вероятность $P = 0,5$.

В математической статистике [2] принято считать совпадение теоретического и эмпирического распределения:

отличным при $P > 0,5$;

хорошим при $P = 0,3$— $0,5$;

удовлетворительным при $P = 0,1$—$0,3$;

неудовлетворительным при $P < 0,1$.

Таблица 1

Пример статистической обработки скоростей движения при установке знаков "Ограничение максимальной скорости" 60 км/ч и "Опасный поворот"

Разряды интервалов скоростей, м	Середина разряда U_m, м/с	Абсолютная частота H_m, шт.	Частичная сумма S_m	Накопленная частота T	Середина условного интервала, I_m	$I_m^* h_m$,	I_m^2	$I_m^2 * h_m$
60—62	61	1	1	1	–14	–14	196	196
62—64	63	0	1	2	–13	0	169	0
64—66	65	1	2	4	–12	–12	144	144
66—68	67	2	4	8	–11	–22	121	242
68—70	69	2	6	14	–10	–20	100	200
70—72	71	3	9	23	–9	–27	81	243
72—74	73	4	13	36	–8	–32	64	256
74—76	75	3	16	52	–7	–21	49	147
76—78	77	5	21	73	–6	–30	36	180
78—80	79	4	25	98	–5	–20	25	100
80—82	81	5	30	128	–4	–20	16	80
82—84	83	5	35	163	–3	–15	9	45
84—86	85	5	40	203	–2	–10	4	20
86—88	87	8	48	251	–1	–8	1	8
88—90	$89 = X_a$	11	59	310	0	0	0	0
90—92	91	5	64	374	1	5	1	5
92—94	93	4	68	442	2	8	4	16
94—96	95	3	71	513	3	9	9	27
96—98	97	3	74	587	4	12	16	48
98—100	99	2	76	663	5	10	25	50
100—102	101	3	79	742	6	18	36	108
102—104	103	2	81	823	7	14	49	98
104—106	105	3	84	907	8	24	64	192
106—108	107	2	86	993	9	18	81	162
108—110	109	2	88	1081	10	20	100	200
110—112	111	2	90	1171	11	22	121	242
112—114	113	1	91	1262	12	12	144	144
114—116	115	0	91	1353	13	0	169	0
116—118	117	1	92	1443	14	14	196	196
118—120	119	1	93	1538	15	15	225	225
		$\Sigma n = 93$	$M = 1538$	$\Sigma T = 15\,260$		$B = -50$		$A = 3574$

Таблица 2

Сравнение эмпирического распределения скоростей движения с законом нормального распределения при установке знаков "Ограничение максимальной скорости" 60 км/ч и "Опасный поворот"

Разряды интервалов скорости, м/с	Абсолютная частота h_m	Вероятность попадания измерений в разряд P_i	Теоретическое количество измерений в разряде, $n_T = P_i n$	$\chi^2 = \frac{(h_m - n_T)^2}{n_T}$
1	2	3	4	5
<60	0	0,012	1,141	1,141
60—66	2	0,026	2,462	0,087
66—72	7	0,061	5,684	0,304
72—78	12	0,112	10,437	0,234
78—84	14	0,164	15,242	0,101
84—90	24	0,190	17,704	2,239
90—96	12	0,176	16,357	1,160
96—102	8	0,129	12,019	1,344
102—108	7	0,075	7,025	8,72E-05
108—114	5	0,035	3,265	0,922
114—120	2	0,013	1,207	0,521
>120	0	0,007	0,423	0,423
	$n = 93$	$\Sigma P_i = 1$		$\Sigma\chi^2 = 8,476$

Так как для приведенного выше примера $P = 0,5$, то соответствие фактической кривой распределения скорости движения нормальному закону следует считать хорошим.

По критерию Романовского (R):

$$R = \frac{\chi^2 - \upsilon}{\sqrt{2\upsilon}}. \qquad (11)$$

Если критерий Романовского меньше трех ($R < 3$), то гипотеза о соответствии фактической кривой распределения теоретическому закону распределения принимается. Иначе ($R \geqslant 3$) распределение исследуемого параметра не описывается данным теоретическим законом.

Согласно этому критерию для параметров 3-го участка имеем:

$$R = \frac{\chi^2 - \upsilon}{\sqrt{2\upsilon}} = \frac{8,47 - 9}{\sqrt{2 \cdot 9}} = -0,12.$$

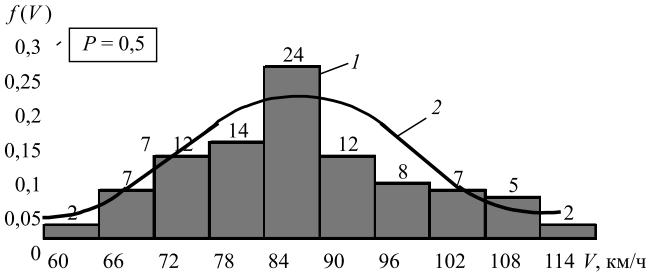
Так как $R = -0,12$, то нормальное распределение согласуется с результатами натурных измерений скоростей движения автомобилей на экспериментальном участке.

Плотность распределения вероятности случайной величины имеет вид

$$f(\upsilon) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \qquad (12)$$

где σ — исправленное среднеквадратическое отклонение; a — математическое ожидание.

В нашем случае при средней скорости свободного движения $\upsilon_{ср}$ и среднеквадратическом отклонении



Гистограмма скорости движения автомобилей и плотность нормального распределения при наличии знаков 1.11.2 и 3.24 (опасный поворот и ограничение максимальной скорости движения 60 км/ч):

$\upsilon_{ср} = 87,92$ км/ч и $\sigma_\upsilon = 12,42$ км/ч; *1* — эмпирическое распределение, *2* — теоретическое распределение

σ_v плотность распределения вероятности скорости свободного движения принимает вид

$$f(v) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v - v_{\text{ср}})^2}{2\sigma_v^2}}.$$

На рисунке показано сравнение гистограммы скорости движения легковых автомобилей с плотностью нормального распределения для рассматриваемого участка.

Выводы

1. Обработка экспериментальных исследований показала, что коэффициенты вариации скоростей движения одиночных автомобилей имеют значительный разброс значений, что указывает на различное восприятие водителями дорожных условий при одинаковом объеме поступающей информации, или, другими словами, водители по-разному реагируют на опасные ситуации. Значит, риск потери информации у водителей будет колебаться в определенных ограниченных пределах, которые могут быть оценены по методике В. В. Столярова.

2. Полученные результаты экспериментальных исследований представляют собой входные параметры для математической модели риска потери информации водителями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гусев В. А., Щеголева Н. В.** Усилия международных организаций для решения проблемы безопасности дорожного движения / В. А. Гусев; науч. рук. Н. В. Щеголева // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы междунар. науч.-практ. конф. — Пермь, 2013. — Т. 2. — С. 124—132.
2. **Гмурман В. Е.** Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Учеб. пособие для студентов вузов / В. Е. Гмурман. — 9-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2004. — 404 с.: ил.
3. **Столяров В. В.** Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска: в 2 ч. Ч. 1, Ч. 2 / В. В. Столяров. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1994. — 184 с; 232 с.
4. **Яркин А. М.** Влияние информации, поступающей к водителю во время движения, на скоростной режим / А. М. Яркин, Н. В. Щеголева // Ресурсо- и энергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / СГТУ. — Саратов, 2014. — С. 470—472.

Газомоторная техника в Санкт-Петербурге

ПАО "КАМАЗ" приняло участие в совещании, где были обсуждены перспективы поставок газомоторной автотехники КАМАЗ в адрес ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга".

Участие в переговорах, состоявшихся в северной столице, приняли руководители и специалисты АО "Лизинговая компания "КАМАЗ", АО "ТФК "КАМАЗ", а также официального дистрибьютора компании по продукции с газовыми двигателями — ООО "РариТЭК". В рамках встречи представители "КАМАЗа" предложили решения по обновлению парка автомобильной техники ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга", в том числе по переводу автопарка на использование компримированного природного газа в качестве моторного топлива.

По итогам совещания принято решение передать в подконтрольную эксплуатацию пять серийных газомоторных автомобилей КАМАЗ, с применением механизма лизинга. Кроме того, автопроизводитель должен обеспечить подготовку специалистов заказчика по программе "Особенности устройства, эксплуатации, технического обслуживания, диагностики и текущего ремонта автотехники КАМАЗ, работающей на компримированном природном газе" с выдачей сертификационного удостоверения. При этом ответственность за гарантийное и сервисно-техническое сопровождение газомоторной техники ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга" возложена на официального дистрибьютора ПАО "КАМАЗ" по продукции с газовыми двигателями — ООО "РариТЭК".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 656.017

Б. А. Крамаренко, доцент МАДИИ
E-mail: chizov_nik@mail.ru

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД В РЕГИОНАХ РФ К КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Состояние аварийности, возраст и социальный статус нарушителей Правил дорожного движения — результаты социологических опросов предусматривают составление индивидуального "портрета" в деле обеспечения безопасности на дорогах каждого субъекта Российской Федерации.

Ключевые слова: *Госавтоинспекция, безопасности дорожного движения, снижение аварийности, Правил дорожного движения.*

State of the accident, age and social status-extinguishers violated traffic rules, the results of sociological TRE-owls include drawing up of individual portraits of each subject of the Russian Federation.

Keywords: *traffic police, road safety, reducing accidents, the Traffic Regulations.*

Госавтоинспекцией МВД России уделяется огромное внимание различным направлениям, способствующим обеспечению безопасности дорожного движения (ОБДД). В настоящее время происходит реализация Федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения в 2013—2020 годах" (Программа).

Фактически только одна "Ниокровская" тема из этой Программы призвана "заниматься" контролем качества технического состояния транспортных средств.

Средства, предусмотренные Программой, в основном пошли на дорожные знаки, освещение, пешеходные переходы, светофоры, ограждения, пропагандистские мероприятия. Конечно, они не дали мгновенного эффекта, но 2015 г. в целом показывает положительную динамику повышения безопасности дорожного движения (БДД). На очередном заседании правительства РФ в октябре 2015 г., посвященном повышению БДД, главный государственный инспектор безопасности дорожного движения России В. И. Нилов отметил, что Госавтоинспекция ведет комплексную работу над созданием "индивидуального портрета (облика)" каждого региона страны с точки зрения обеспечения безопасности на дорогах. На основе данных о состоянии аварийности, возрасте и социальном статусе нарушителей Правил дорожного движения, результатов социологических опросов предусматривается составить индивидуальный портрет каждого субъекта. Он пояснил, что в этом году в рамках Федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения в 2013—2020 годах" дан старт реализации проектов информационного воздействия, разработанных индивидуально для различных регионов РФ. Статистика вещь упрямая, она наглядно дает реальную картину.

Руководитель Госавтоинспекции МВД России отметил, что проекты рассчитаны не на один год и будут направлены на предупреждение управления транспортными средствами в состоянии опьянения, а также обеспечение безопасности пешеходов. Он подчеркнул, что одна из главных задач службы — функционирование системы пропагандистского воздействия на население, формирование негативного отношения к нарушениям Правил дорожного движения. Данные опросов общественного мнения свидетельствуют, что благодаря этой системе отношение участников дорожного движения к проблемам дорожной безопасности меняется. В. И. Нилов подчеркнул, что необходимо искать аргументы, формы убеждения, наиболее эффективные для каждого российского региона.

В настоящее время "Движение без опасности" активно занимается реализацией нового проекта, который направлен на безопасность детей, начиная с самого рождения. Старт проекту был дан в перинатальном центре в Москве.

В своем выступлении В. И. Нилов рассказал о мерах, принимаемых Госавтоинспекцией для изменения ситуации на Российских дорогах. Он, в частности, отметил, что сегодня в обществе растет понимание социальной ответственности за климат на дорогах, содействие Госавтоинспекции оказывают различные общественные формирования, организации и средства массовой информации.

ЧЕТРА

ДЕСЯТИЛЕТИЕ

В 2006 г. в структуре "Концерна "Тракторные заводы" появилась новая бизнес-единица — "ЧЕТРА-Промышленные машины". Она открыла новую страницу в истории отечественного тракторостроения: сохранив наследие предыдущих поколений российских машиностроителей, торгово-сервисная компания сделала решительный шаг в сторону работы в рамках концепции "новой экономики" — провозгласила инновации, бренд, сервис и индивидуальный подход к клиенту приоритетными в своей деятельности.

В истоках истории "ЧЕТРА-ПМ" как компании, занимающейся реализацией спецтехники, производимой на предприятиях, построенных в советский период — "Промтрактор" (г. Чебоксары), "САРЭКС" (г. Саранск), "Курганмашзавод" (г. Курган) — стоит труд и опыт многих поколений тракторостроителей. Первой же машиной "с именем" стал 20-тонный универсальный бульдозер ЧЕТРА Т11. Этот бульдозер в компании называют "основателем" бренда ЧЕТРА.

Сегодня ЧЕТРА — практически полный модельный ряд промышленной и коммунальной спецтехники: экскаваторы, вездеходы, краны-трубоукладчики, универсальные мини-погрузчики, экскаваторы-погрузчики и, конечно, бульдозеры всех тяговых классов, среди которых 65-тонный ЧЕТРА Т40 — самый тяжелый, выпускаемый в России гусеничный бульдозер, разработанный специально для горнодобывающей промышленности.

Параллельно, в соответствии с последними тенденциями на рынке спецтехники, "ЧЕТРА-ПМ" инициирует модернизацию уже зарекомендовавших себя на рынке моделей спецтехники путем установки надежных комплектующих, повышения уровня автоматизации работы машин, а также уровня комфорта работы операторов.

"За эти десять лет мы добились того, что соотношение цены и качества оборудования, оптимальная стоимость эксплуатации и, конечно, уникальные технические характеристики спецтехники ЧЕТРА, позволяющие ей эффективно работать даже в самых суровых климатических условиях, сделали оборудование российской марки надежным помощником в любых строительных и добывающих работах", — отмечает Ирина Машенькина, исполнительный директор "ЧЕТРА-ПМ".

Одновременно "ЧЕТРА-ПМ" выстроила надежную дилерскую сеть: сегодня официальными поставщиками промышленной, коммунальной техники ЧЕТРА, а также запасных частей к ней, выступают 53 компании во всех федеральных округах России (21 дилер, поставляющий промышленную спецтехнику ЧЕТРА, 15 компаний, занимающихся поставками коммунальных машин ЧЕТРА и 17 дилеров по запасным частям и комплектующим к технике ЧЕТРА).

В то же время сервисная сеть ЧЕТРА насчитывает 13 собственных центров компании "Сервис промышленных машин", занимающейся гарантийным и пост-

ЧЕТРА Т40

Трубоукладчик и бульдозер

Рис. 4. Мини-погрузчики ЧЕТРА МКСМ

ЧЕТРА ЭГП230

гарантийным обслуживанием техники бренда, и 26 дилерских сервисных центров по всей России.

Известна "ЧЕТРА-ПМ" также и своими творческими и социальными проектами: фестивали современного изобразительного искусства ЧЕТРАПРОМАРТ в Чебоксарах, эффектные трюки бульдозеров, в том числе в программе "Минута славы" на Первом канале, шоу-программы на выставках подчеркивают творческий, созидательный подход компании к работе, а также помогают строить сильный бренд.

"ЧЕТРА-ПМ" продолжает самостоятельно инвестировать и в производство, и в НИОКР, развивать высококачественный сервис, выстраивать надежную дилерскую сеть, активно применять гибкие финансовые программы по приобретению техники, участвовать в крупнейших российских и международных выставках. В 2015 г. компании удалось закрепить за собой треть отечественного рынка бульдозеров премиум-класса, а в отдельных регионах довести этот показатель до 60 %. И это несмотря на общее снижение продаж спецтехники в России.

В преддверии десятилетнего юбилея "ЧЕТРА-ПМ" провела редизайн визуальных коммуникаций бренда ЧЕТРА, чтобы наиболее полно отразить ценности компании и ее философию. В частности, строгость линий обновленного логотипа символизирует стабильность и преемственность поколений российских машиностроителей. Фоновый элемент в виде стрелы олицетворяет динамичное развитие компании и стремление в будущее. При этом слоган "Время создавать" соединяет в себе элементы "здесь" и "сейчас": опыт прошлого и стремление в будущее соединяются в настоящем, в котором мы и потребители нашей техники активно создают все то, что нас окружает.

"Не сидеть сложа руки, а активно создавать свое будущее — главное для нас, — подчеркивает Ирина Машенькина. — Планов много, но, прежде всего, совместно с нашими коллегами из производственных, сервисных и конструкторских предприятий "Концерна "Тракторные заводы" мы продолжим совершенствовать продукцию ЧЕТРА и способствовать созданию новых машин. Наша роль как торговой компании здесь очень важна: мы находимся непосредственно рядом с потребителем, принимаем во внимание его потребности и во многом даем начало воплощению тех или иных новых технологических, производственных и бизнес идей. Держать руку на пульсе — наша главная задача — и мы продолжим ее выполнять".

Пресс-служба компании ЧЕТРА

СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛОГИСТИКИ

На выставке CeMAT в Ганновере, состоявшейся летом, концерн Continental представил обширный ассортимент изделий для повышения безопасности, эффективности, экологичности и удобства внутрипроизводственной логистики. Модельный ряд продукции включает всю логистическую цепочку, в том числе шины, телематические системы, системы контроля давления в шинах, электронные дисплеи, приборы, средства для подавления вибрации, шланги и системы привода.

"Основные тенденции в области решений для внутрипроизводственной логистики связаны с оцифровкой и

автоматизацией. Сокращение времени простоя, высокая степень точности и максимальная многофункциональность становятся все более важными факторами конкурентоспособности в этой сфере, — объясняет Джулиан Александр, менеджер по шинам для транспортировки материалов концерна Continental. — Предлагая индивидуальные решения от одного производителя, мы поддерживаем партнерские отношения с нашими клиентами и помогаем им наилучшим образом справляться с новыми вызовами".

Своим участием в крупнейшей выставке систем для внутрипроизводственной логистики, концерн Continental подчеркивает, что его планы связаны не только с автомобильной техникой. В будущем технологии для промышленного применения приобретут для концерна не меньшую важность, чем решения для автомобилей.

Концерн Continental представил на выставке два интеллектуальных решения, призванных повысить безопасность и эффективность внутрипроизводственной логистики: ContiFlexBox и ContiPressureCheck™. Система контроля за шинами ContiFlexBox, которая поступит в продажу в 2017 г., даст возможность собирать, предоставлять и передавать информацию о состоянии шин на центральный сервер через Wi-Fi или GSM-связь. Вместе с системой контроля зв давлением воздуха в шинах ContiPressureCheck™ она позволяет операторам и менеджерам транспортных предприятий выполнять свою работу более эффективно, безопасно и с заботой об окружающей среде.

Система ContiPressureCheck™ непрерывно измеряет давление воздуха и температуру покрышек при помощи установленных в них датчиков. Она информирует пользователя о необходимости откорректировать давление. Время простоя транспортного средства сокращается благодаря минимизации риска повреждения шин и сокращению времени обслуживания шин.

Continental предлагает широкий ассортимент пневматических и цельнолитых шин для различных вариантов применения в химических производствах, портах и на складах. Правильный выбор шин позволяет повысить эффективность логистических процессов, снизить издержки и обеспечить защиту окружающей среды путем снижения выбросов CO_2.

Пневматическая шина TractorMaster с протектором из износостойкой смеси, предназначенная главным образом для тягачей и прицепов, отличается превосходным сцеплением и повышенным сроком эксплуатации. Теперь она имеет новый размер — 280/75 R 22,5. В сегменте цельнолитых шин Continental представляет надежные шины CS20 и SC20 Mileage+, обладающие высокой ходимостью, а также цельнолитую шину с восстановленным протектором Continental LifeCycle™, которой свойственны улучшенные экологические характеристики.

Сегодня производители техники стремятся повысить качество и комфорт в кабинах транспортных средств. В этом им поможет панель приборов MultiViu Compact 4 с 4,3-дюймовым дисплеем повышенной яркости, на котором информация хорошо считывается даже при интенсивном солнечном свете. Панель обеспечивает эффективную и комфортную работу операторам, которые могут в режиме реального времени отслеживать разнообразные данные о машине, включая сведения об уровне масла и топлива. MultiViu Compact 4 — это компактное, экономичное, многофункциональное и долговечное решение для производственных площадок.

Вместе с поставщиком систем внутрипроизводственной логистики LTW Intralogistics и торговым партнером Synchrotech концерн Continental разработал новый подъемный привод для штабелеров, используемых на производствах с электронными системами управления. Эта запатентованная система позволяет быстро и точно размещать товары на многоярусных стеллажах. Главный ее элемент — зубчатый ремень Synchrodrive от подразделения ContiTech. В случае применения тросов их приходится заменять довольно часто, даже при оптимальной конструкции привода и регулярном обслуживании. Новый привод представляет собой альтернативу существующим системам. Движение ремня осуществляется при помощи системы шкивов.

Новая модель ремня Synchrodrive HTD 20M ускоряет работу и дает возможность перемещать поддоны еще большей, чем прежде, массы на высоту 30 м и более. Машины, оснащенные ремнем Synchrodrive HTD 20M, могут поднимать грузы массой до 5 т. Ремень крайне прочен, неприхотлив в обслуживании и не требует смазки. Благодаря высоким показателям рабочей нагрузки и прочности он отвечает всем потребностям внутрипроизводственной логистики.

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*
Сдано в набор 29.08.2016. Подписано в печать 20.10.2016. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**