

Учредитель ООО "Научно-техническое издательство
"Инновационное машиностроение"

Главный редактор **И. Ф. ГУМЕРОВ**, канд. техн. наук,
заместитель генерального директора ПАО "КАМАЗ" —
директор по развитию

Заместитель главного редактора **А. С. САВЧЕНКО**

Редакционный совет

В. С. Антипенко,
д-р техн. наук, проф.
Е. В. Балакина,
д-р техн. наук, проф.
Д. Х. Валеев,
д-р техн. наук
Ю. Э. Васильев,
д-р техн. наук, проф.
С. М. Гайдар,
д-р техн. наук, проф.
Л. В. Грехов,
д-р техн. наук, проф.
В. А. Зорин,
д-р техн. наук, проф.
М. Ю. Карелина,
д-р техн. наук, проф.
Н. Т. Катанаев,
д-р техн. наук, проф.
В. Н. Козловский,
д-р техн. наук, проф.
В. В. Комаров,
канд. техн. наук
А. В. Кочетков,
д-р техн. наук, проф.

В. А. Марков,
д-р техн. наук, проф.
Л. Б. Миротин,
д-р техн. наук, проф.
А. Н. Новиков,
д-р техн. наук, проф.
А. Н. Ременцов,
д-р пед. наук, проф.
О. Н. Румянцева,
генеральный директор
ООО "Изд-во
Инновационное
машиностроение"
А. Ф. Синельников,
канд. техн. наук, проф.
А. А. Солнцев,
д-р техн. наук, проф.
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; gruzovik.mashin@gmail.com,
<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 объединенному каталогу
"Пресса России" 39799

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение»,
"Грузовик", 2020

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** *Салахов Р. Р., Куликов А. С., Ермаков А. М., Фардеев Л. И., Идиатуллин Б. М.* Улучшение характеристик системы охлаждения двигателя грузового автомобиля с применением помпы с электрическим приводом

Исследования. Расчет

- 9** *Козловский В. Н., Николаев П. А., Подгорный А. С., Шакурский М. В.* Совершенствование методики испытаний на помехоустойчивость электротехнических систем для случая неопределенной ориентации автомобиля по отношению к источнику излучения

- 15** *Фот А. П., Рассоха Е. Н., Рассоха В. И.* Обоснование выбора типа цепи приводов газораспределительных механизмов автомобилей

Эксплуатация. Ремонт

- 20** *Баженев Ю. В., Баженев М. Ю.* Обеспечение надежности электронных систем управления двигателем в эксплуатации

Практика

- 25** *Кулик В. И., Нилов А. С.* Применение оснастки из керамического композиционного материала для высокотемпературной пайки автомобильных теплообменников

Транспортный комплекс

- 31** *Илдарханов Р. Ф., Нуретдинов Д. И.* Совершенствование системы оплаты за проезд грузового транспорта по федеральным автомобильным дорогам

Безопасность

- 35** *Гражданцев Е. В., Зеер В. А., Пулянова К. В., Асхабов А. М., Елагин А. И.* Разработка модели системы оповещения водителей транспортных средств о вероятном возникновении ДТП

Информация

- 43** Выставки. Конференции. Презентации

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

Founder JSC Scientific and Technical Publishing House
"Innovative Engineering"

Editor-in-Chief I. F. GUMEROV, cand. tehn. s.,
deputy general director JSC "KAMAZ" —
director of development

Deputy Editor-in-Chief A. S. SAVCHENKO

Editorial council

V. S. Antipenko,

dr. en. s., prof.

E. V. Balakina,

dr. en. s., prof.

D. H. Valeev,

dr. en. s.

Ju. E. Vasilyev,

dr. en. s., prof.

S. M. Gaidar,

dr. en. s., prof.

L. V. Grekhov,

dr. en. s., prof.

V. A. Zorin,

dr. en. s., prof.

M. Ju. Karelina,

dr. en. s., prof.

N. T. Katanaev,

dr. en. s., prof.

V. N. Kozlovsky,

dr. en. s., prof.

V. V. Komarov,

cand. tehn. s.

A. V. Kochetkov,

dr. en. s., prof.

V. A. Markov,

dr. en. s., prof.

L. B. Mirotnin,

dr. en. s., prof.

A. N. Novikov,

dr. en. s., prof.

A. N. Rementsov,

dr. hab. phd in en. s.

O. N. Rumyantseva,

gen. dir. JSC "Publisher

"Innovative Engineering"

A. F. Sinelnikov,

cand. tehn. s., prof.

A. A. Solntsev,

dr. en. s., prof.

V. S. Ustymenko,

cand. tehn. s.

J. A. Faskhiyev,

dr. en. s., prof.

N. D. Chaynov,

dr. en. s., prof.

CONTENTS:

Design

- 3 Salakhov R. R., Kulikov A. S., Ermakov A. M., Fardeev L. I., Idiatullin B. M. Improving the performance of a truck engine cooling system using an electric pump

Research. Calculation

- 9 Kozlovskiy V. N., Nikolaev P. A., Podgorniy A. S., Shakursky M. V. Improving the test method for noise immunity of electrical systems for the case of an uncertain orientation of the car in relation to the radiation source
- 15 Fot A. P., Rassokha E. N., Rassokha V. I. Substantiation of choice of chain type of drives of gas distribution mechanisms of cars

Operation. Repair

- 20 Bazhenov Y. V., Bazhenov M. Y. Ensuring in reliability of electronic control systems of engines in operation

Practice

- 25 Kulik V. I., Nilov A. S. Application of equipment made of ceramic composite material for high-temperature soldering of automotive heat exchangers

Transport complex

- 31 Ildarkhanov R. F., Nuretdinov D. I. Improving the system of payment for freight transport on federal highways

Security

- 35 Gragdancev E. V., Zeer V. A., Pulyanova K. V., Voevodin E. S., Askhabov A. M., Elagin A. I. Development of a model for warning drivers of vehicle traffic accidents

Information

- 43 Exhibitions. Conferences. Presentation



Correspondent's office:

Ya. E. Karpovsky (Minsk)

Address of the editorial office:

107076, Moscow, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 12
Ph. (499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; gruzovik.mashin@gmail.com;
http://www.mashin.ru

Address of publishing house:

107076, Kolodezny Lane, house 2-a, 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 integrated catalog
"Press of Russia" 39799

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House,
"Truck", 2020

УДК 621.43

Р. Р. Салахов, канд. техн. наук, доцент, КНИТУ-КАИ, г. Казань, e-mail: RRSalakhov@kai.ru,

А. С. Куликов, главный конструктор по двигателям научно-технического центра ПАО "КАМАЗ", e-mail: Andrey.Kulikov@kamaz.ru,

Л. И. Фардеев, заместитель главного конструктора Научно-технического центра ПАО "КАМАЗ" по перспективным двигателям ПАО "КАМАЗ", г. Набережные Челны,

А. М. Ермаков, канд. техн. наук, доцент, e-mail: amermakov@kai.ru,

Б. М. Идиатуллин, аспирант, КНИТУ-КАИ, г. Казань, e-mail: BMIdiatullin@dckai.ru

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОМПЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

В большинстве случаев система охлаждения грузового автомобиля работает от двигателя, используя помпу с механическим приводом, и ее производительность напрямую зависит от оборотов двигателя. При такой работе в зависимости от нагрузки на двигатель производительность системы охлаждения может быть как избыточной при малой нагрузке, так и недостаточной при большой нагрузке. Для того чтобы система охлаждения работала в оптимальном режиме, необходимо использовать помпу с электрическим приводом. В данной работе разработана помпа с электрическим приводом. Проведены сравнительные экспериментальные исследования помпы с электрическим и механическим приводом, которые показали эффективность работы помпы с электрическим приводом на всех режимах работы двигателя.

Ключевые слова: ДВС, система охлаждения, электрическая помпа, эффективность.

In most cases, the truck's cooling system operates using a mechanically driven pump from the engine and its performance is directly dependent on engine speed. With such work, depending on the load on the engine, the performance of the cooling system can be either excessive at light load or insufficient at heavy load. In order for the cooling system to work in optimal mode, it is necessary to use a pump with an electric drive. In this work, an electric drive pump was developed. Comparative experimental studies of an electric and mechanical drive pump were carried out, which showed the efficiency of an electric drive pump in all engine operation modes.

Keywords: ICE, cooling system, electric pump, efficiency.

Привод водяных насосов, применяемых в системах охлаждения большинства современных автомобилей, осуществляется посредством ремня, соединенного с коленчатым валом двигателя. В результате для осуществления циркуляции охлаждающей жидкости в системе охлаждения затрачивается полезная мощность двигателя. Кроме этого, при данном варианте конструкции системы охлаждения обороты насоса зависят от оборотов коленчатого вала. Из этого следует, что эффективность системы охлаждения может быть или недостаточной, или избыточной при различных нагрузках на двигатель и одних и тех же оборотах коленчатого вала.

Современные нормы, применимые к автомобильным двигателям, выдвигают жесткие требования ко всему комплексу технико-экономиче-

ских параметров, к которым относятся мощность, экономичность, надежность, долговечность и др. Особо жесткие требования выдвигаются к экологическим показателям ДВС. Для достижения требуемых параметров необходимо в том числе соблюдение оптимального температурного состояния двигателя для каждого из его эксплуатационных режимов.

Анализ существующих конструктивных решений и патентов для водяных насосов двигателей внутреннего сгорания показал большое разнообразие вариантов конструктивных решений для электрических насосов двигателя внутреннего сгорания легковых автомобилей, применимых и в грузовом автомобилестроении.

В ходе проведения анализа отечественной и зарубежной литературы выявлено, что регулирова-

ние расхода охлаждающей жидкости (ОЖ) в системе охлаждения (СО) двигателя с помощью электрических жидкостных насосов дает массу преимуществ по сравнению с механическими помпами. К наиболее значимым из них можно отнести:

- поддержание температуры охлаждающей жидкости в оптимальном диапазоне;
- обеспечение экономии топлива;
- уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу при различных скоростях и температурах двигателя.

В зарубежном автомобилестроении все более широкое применение находят управляемые системы охлаждения, водяные насосы которых приводятся в движение не от коленчатого вала, а от отдельного электродвигателя с блоком управления. Это касается систем охлаждения как грузовых, так и легковых автомобилей.

В настоящее время в двигателестроении уже применяются электрические жидкостные насосы, которые имеют различную конструкцию, а также отличаются способами регулирования расхода охлаждающей жидкости. Так, различают электрические жидкостные насосы:

- с регулированием ширины канала циркуляции охлаждающей жидкости, при котором крыльчатка насоса частично или полностью перекрывается внешним кожухом (отключаемые и управляемые насосы);
- с управлением величиной передаваемого крутящего момента с привода насоса на крыльчатку путем использования муфт скольжения с электронным управлением (насос Borg Warner [1]);
- с электродвигателем и электромагнитной муфтой (насос Bosch [2]);
- с управлением скоростью вращения крыльчатки насоса путем использования в качестве привода электродвигателя (насосы Davies Craig [3] и Meziere [4]).

Было установлено, что использование первых двух способов регулирования расхода позволяет модернизировать систему охлаждения двигателя без существенных изменений в его конструкции, так как вращающий момент на крыльчатку насоса в данных случаях передается напрямую от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) через ременную передачу, как и в системах охлаждения с механическими помпами. Отличие здесь заключается в том, что имеется возможность регулировать расход охлаждающей жидкости в меньшую сторону или практически останавливать ее циркуляцию в системе охлаждения.

При применении последних двух способов регулирования охлаждающей жидкости в системе

охлаждения встает задача изменения ременного узла двигателя по причине установки электропривода на насос. Данное решение позволяет уменьшить нагрузку на коленчатый вал ДВС, повышая его эффективность. Стоит отметить, что использование электродвигателя, как при первых двух способах регулирования расхода, также дает возможность уменьшать расход охлаждающей жидкости вплоть до нулевого значения, но при этом способность электропривода увеличивать скорость вращения крыльчатки помпы независимо от скорости вращения коленчатого вала является несомненным преимуществом данного решения.

Из всех представленных выше способов регулирования расхода охлаждающей жидкости и, соответственно, насосов на этом принципе наиболее перспективным для использования в интеллектуальных системах охлаждения современных автомобилей является применение управляемых помп, в качестве привода которых используется электродвигатель. Такие насосы позволяют создавать полностью автономные и эффективные системы охлаждения, которые обеспечивают оптимальную работу двигателя во всех режимах работы, не допуская перегревов, продлевая тем самым его эксплуатационный ресурс.

Сначала был выполнен гидродинамический CFD-анализ характеристик штатного водяного насоса двигателя Р6 920.10-700 КАМАЗ (рис. 1) и проведена верификация численных расчетов по результатам экспериментальных исследований, проведенных на базе ПАО "КАМАЗ".

Гидродинамический анализ показал, что исследуемый жидкостный штатный насос в составе двигателя работает довольно эффективно, на высоких значениях КПД, который достигает величин от 0,552 до 0,579 (максимальный КПД



Рис. 1. Штатное рабочее колесо

КОНСТРУКЦИЯ

получается при частоте вращения рабочего колеса 4548 об/мин и расходе 655 л/мин), что видно на графиках зависимостей КПД жидкостного насоса от расхода при различных частотах вращения.

Также с целью улучшения показателей жидкостного насоса была выполнена его модернизация путем оптимизации геометрических размеров штатного рабочего колеса по методологии, приведенной в [5]. Целью данного расчета являлась оптимизация штатного колеса по двум критериям: технологичности и эффективности. Для достижения технологичности решено было отказаться от покрывного диска, что влекло за собой ухудшение гидравлических характеристик и снижение КПД. Для того чтобы сохранить высокий напор и КПД насоса, была изменена геометрия лопастей рабочего колеса.

Получение эффективного рабочего колеса потребовало подобрать режим работы двигателя, который чаще всего используется в процессе эксплуатации ДВС и системы охлаждения, и исходя из этого провести расчет геометрии лопастей. Расчет включал в себя следующие этапы:

1) определение основных параметров (коэффициент быстроходности, диаметр входа в колесо, гидравлический КПД, объемный КПД, внутренний механический КПД, объемный расход и напор);

2) определение размеров входа в колесо (скорость входа, диаметр входа лопаток, диаметр начала лопаток, радиальная скорость в начале лопатки, начальная ширина лопатки, окружная скорость, начальный угол наклона лопатки);

3) определение размеров выхода из колеса (коэффициент стеснения на выходе, радиальная скорость в конце лопаток, конечный угол наклона лопаток, коэффициент Проскуры, теоретический напор для бесконечного числа лопастей, окружная скорость на выходе, конечная ширина лопаток, количество лопаток, толщина лопатки);

4) уточнение данных (коэффициент Проскуры, коэффициент стеснения на входе, коэффициент стеснения на выходе, радиальная скорость в начале лопатки, радиальная скорость в конце лопатки, начальный угол наклона лопаток, конечный угол наклона лопаток, теоретический напор для бесконечного числа лопаток, окружная скорость, конечное количество лопаток, значения окружных составляющих абсолютных скоростей, реактивность колеса, коэффициент быстроходности по формуле Овсянникова);

5) расчет профиля лопаток (относительная скорость в начале и в конце лопатки, координаты профиля лопасти).

Требуемые расход и напор были подобраны в соответствии с результатами испытаний штат-

ного рабочего колеса при заданных оборотах. В итоге было получено оптимизированное рабочее колесо (рис. 2), обладающее существенными преимуществами в технологии изготовления без покрывного диска.

Построены напорные характеристики электрического жидкостного насоса для значений частоты вращения крыльчатки 1500, 2200, 3373 об/мин (рис. 3). Для сравнения также добавлены напорные характеристики штатного насоса системы охлаждения двигателя.



Рис. 2. 3D-модель оптимизированного рабочего колеса

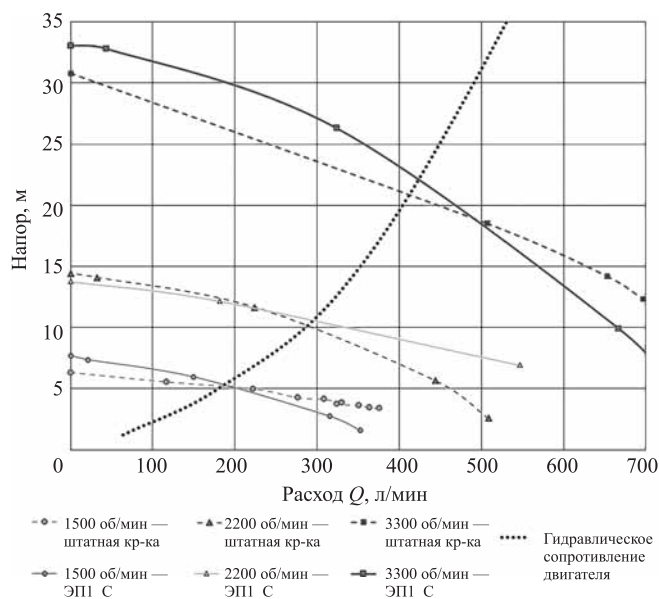


Рис. 3. Напорные характеристики электрического жидкостного насоса модернизированного (сплошные линии) и штатного насоса (штриховые линии)

КОНСТРУКЦИЯ

Анализ напорных характеристик модернизированного и штатного водяного насоса показал, что на основных режимах работы (в точках пересечения с гидравлической характеристикой системы охлаждения) электрический жидкостный насос не уступает по характеристикам штатному насосу, а в большинстве случаев обеспечивает лучшие параметры напора в системе охлаждения. Таким образом, новая технологичная крыльчатка насоса обеспечивает требуемый расход на всех режимах работы двигателя.

В качестве силового привода выбран бесколлекторный электродвигатель НРМ5000А High Power BLDC Motors [5]. Характеристики электродвигателя представлены в таблице.

Внешний вид электродвигателя показан на рис. 4.

Для размещения электрического насоса на двигателе необходимо изготовить новый корпус, а также разработать систему управления электрическим двигателем.

Окончательный вид опытного образца электрического жидкостного насоса после изготовле-

ния нового лопастного колеса и корпуса электрического двигателя и сборки представлен на рис. 5.

Для сравнения эффективности работы системы охлаждения с электрическим и механическим насосом проведены испытания по следующим режимам работы:

1. Предпусковой подогрев. Электрический жидкостный насос не имеет механической связи с коленчатым валом, что позволяет обеспечивать циркуляцию охлаждающей жидкости в системе при неработающем двигателе. Данный режим проверен в рамках безмоторных испытаний.

2. Холодный пуск. В данном режиме рассмотрена возможность ускорения процесса прогрева двигателя за счет минимизации теплообмена путем снижения расхода охлаждающей жидкости. В алгоритм управления электрическим жидкостным насосом включена возможность периодического включения и выключения электродвигателя

Характеристики электродвигателя электрического жидкостного насоса

Параметр	Значение
Напряжение питания, В	48
Номинальная мощность, Вт	5000
Номинальная частота вращения вала электродвигателя, мин ⁻¹	3500
Номинальный крутящий момент, Н·м	14
Степень защиты	IP65



Рис. 4. Внешний вид электродвигателя



а)



б)

Рис. 5. Электрический жидкостный насос серии в сборе: а — вид спереди; б — в сборе с блоком управления

для обеспечения минимальной циркуляции охлаждающей жидкости в системе и исключения локальных перегревов в узлах двигателя.

В ходе испытания удалось выявить, что использование электрического жидкостного насоса в режиме периодического включения позволяет сократить время прогрева на 300 с относительно системы со штатным насосом. График изменения температуры охлаждающей жидкости представлен на рис. 6.

Использование электрического жидкостного насоса позволяет сократить время прогрева на 300 с по сравнению со штатным насосом с механическим приводом. Это составляет 35 % времени всего прогрева двигателя, а это значит, что и расход топлива в относительных значениях также снижается на 35 %.

3. Режим номинальной мощности и крутящего момента. Согласно техническому заданию при работе в данном режиме от электрического жидкостного насоса требуется обеспечение максимально эффективного охлаждения путем обеспечения максимального расхода охлаждающей жидкости.

Результаты проверки работы на данном режиме в сравнении со штатной помпой приведены на рис. 7. Из графика видно, что электрический насос обеспечивает более высокий теплосъем при работе в режиме номинальной мощности и крутящего момента. Со штатным насосом наблюдается гораздо более интенсивный рост температуры охлаждающей жидкости при достижении диапазона оборотов коленчатого вала от 1100 до 1500 об/мин, который соответствует диапазону максимального крутящего момента, тогда как электрический насос обеспечивает необходимый теплосъем.

Использование электрического жидкостного насоса в режиме номинальной мощности и крутящего момента позволяет эффективнее работать системе охлаждения по сравнению со штатным насосом с механическим приводом. Это выража-

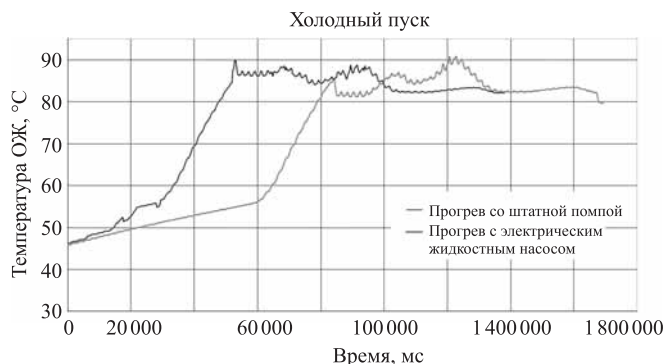


Рис. 6. График изменения температуры ОЖ

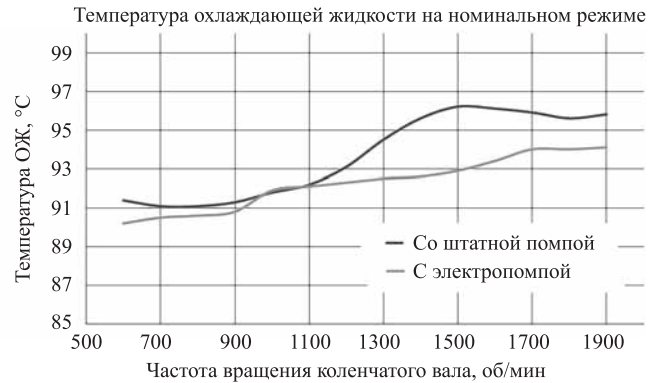


Рис. 7. График изменения температуры ОЖ при изменении частоты вращения КВ

ется в меньшей температуре охлаждающей жидкости в среднем на 1,41 °C, что соответствует дополнительному съему теплоты в 12,1 кВт и на 3 % больше, чем на насосе с механическим приводом.

4. Сброс оборотов коленчатого вала. Данный режим требует обеспечения необходимого расхода охлаждающей жидкости независимо от оборотов коленчатого вала двигателя. В работе двигателя со штатной помпой при сбросе оборотов коленчатого вала наблюдается снижение оборотов крыльчатки механического водяного насоса, следовательно, снижая расход ОЖ в системе. Такое явление приводит к ухудшению теплосъема и опасному росту температуры двигателя. Это обусловлено механической связью с коленчатым валом через ременную передачу. Электрический насос такой связи не имеет, поэтому появляется возможность независимого управления расходом жидкости. В ходе проверки данного режима получен следующий график (рис. 8), демонстрирующий работу электрического жидкостного насоса.

На графике отчетливо видно, что обороты крыльчатки насоса неизменны и обеспечивают постоянный расход. Сброс оборотов коленчатого

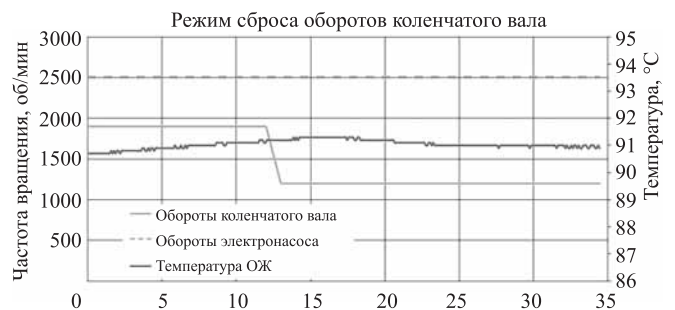


Рис. 8. Графики изменения температуры ОЖ, оборотов КВ двигателя и оборотов крыльчатки электрического жидкостного насоса

вала производился с 1900 до 1200 об/мин в течение 1 с с постоянной 80 %-ной нагрузкой, при этом колебания температуры ОЖ не превысили 1 °С.

5. Эксплуатация по городскому циклу. Для оценки возможностей электрического жидкостного насоса на испытательном стенде был использован европейский транзитный цикл (ЕТЦ, European Transient Cycle [7]). Данный цикл подразумевает испытание двигателя и оценку параметров его работы в изменяющихся условиях движения. ЕТЦ включает в себя городской, смешанный и загородный циклы.

Согласно ТЗ от электрического жидкостного насоса требуется обеспечение регулируемого расхода в зависимости от изменяющихся условий. Электрический насос испытывался по ЕТЦ в течение 30 мин. Основным исследуемым параметром являлась температура охлаждающей жидкости (рис. 9).

В режиме эксплуатации по городскому циклу первые 1100 с система с электрическим жидкостным насосом работает эффективнее, держит температуру охлаждающей жидкости в среднем на 5 °С ниже, чем со штатным насосом, и позволяет добиться снижения удельного расхода топлива на 1,13 %, а часового расхода — на 0,52 %. Дополнительно требуется проведение пробеговых испытаний в составе системы охлаждения автомобиля для полноценной оценки топливной экономичности.

Более эффективное охлаждение в начале первой трети транзитного цикла обусловлено отсутствием механической связи электрического жидкостного насоса с коленчатым валом двигателя. Для городского режима движения характерны частые изменения нагрузки на двигатель, скорости движения автомобиля. В штатной системе расход ОЖ напрямую зависит от частоты вращения вала двигателя, при низких оборотах эффективность охлаждения существенно падает,

тогда как электрический жидкостный насос способен обеспечивать стабильный расход жидкости.

6. Эксплуатация при низких температурах. Испытания в данном режиме на моторном стенде по согласованию с заказчиком не проводились по причине невозможности создания соответствующих условий испытаний на стенде. Требуется дополнительные исследования на двигателе, установленном на автомобиле в условиях низких температур.

Однако исходя из конструктивных параметров, функциональных возможностей и результатов испытаний электрического жидкостного насоса на других режимах эксплуатации двигателя можно с определенной уверенностью утверждать, что опытный образец электрического насоса сможет обеспечивать требуемые в ТЗ показатели работы системы охлаждения двигателя.

Так как условия окружающей среды в данном режиме обеспечивают чрезвычайно эффективный теплоотвод с поверхности двигателя и системы охлаждения, электрический жидкостный насос в соответствии с алгоритмом будет работать на минимальных оборотах и в связке со штатным термостатом, регулируя расход в малом круге СО, уменьшит потери энергии на привод помпы и снизит удельный расход топлива.

В целом, анализируя полученные в ходе испытаний результаты, можно сделать вывод о том, что разработанный опытный образец электрического жидкостного насоса может адекватно заменить существующий штатный насос и обеспечивать необходимые эксплуатационные режимы работы системы охлаждения двигателя. В рамках исследования разработан электрический жидкостный насос, приближенный в плане технических характеристик к уровню мировых образцов насосов системы охлаждения двигателя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. https://www.borgwarner.com/docs/default-source/iam/thermal-management/auxiliary-thermal-coolant-pumps.pdf?sfvrsn=56d9c73c_4.
2. <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/powertrain-systems/thermal-management-for-combustion-engines/electrical-coolantpump-pce/>.
3. <https://daviescraig.com.au/category/electric-water-pumps-ewp>.
4. <https://www.meziere.com/Products/Cooling-System-Products/Pumps-Electric.aspx>.
5. Проектирование и исследование характеристик степеней динамических насосов / В. Н. Ивановский, А. А. Сабилов, А. В. Деговцов, С. С. Пекин, Ю. А. Донской, С. В. Кривенков, Н. Н. Соколов, А. В. Кузьмин: Учебное пособие. — М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2014. — 124 с.
6. <https://www.goldenmotor.com/frame-bldcmotor.htm>.
7. <https://www.dieselnets.com/standards/cycles/etc.php>.

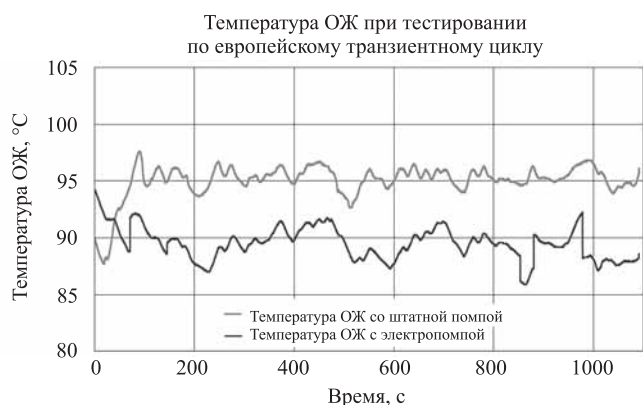


Рис. 9. Графики изменения температуры ОЖ при транзитном цикле

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

УДК 629.113

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, СамГТУ, г. Самара, **П. А. Николаев**, д-р техн. наук, ПАО "АВТОВАЗ", г. Тольятти, **А. С. Подгорний**, СамГТУ, г. Самара,

М. В. Шакурский, канд. техн. наук, СамГТУ, г. Самара

E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ СЛУЧАЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ ПО ОТНОШЕНИЮ К ИСТОЧНИКУ ИЗЛУЧЕНИЯ

В статье представлены результаты модернизации методики испытаний на помехоустойчивость электротехнических систем для случая неопределенной ориентации автомобиля по отношению к источнику излучения.

Ключевые слова: автомобилестроение, автомобиль, электротехнические системы, электромагнитная совместимость.

The article presents the results of the modernization of the test method for noise immunity of electrical systems for the case of an uncertain orientation of the car relative to the radiation source.

Keywords: automotive industry, automobile, electrical systems, electromagnetic compatibility.

Существующие методы испытаний [1, 2] регламентируют только три положения АТС относительно полеизлучающих систем: фронтальное, боковое и задней частью. При эксплуатации автотранспортного средства они являются частными и недоминирующими. Как правило, АТС произвольно ориентируется по отношению к источникам (рис. 1). Также направление электромагнитного воздействия зачастую изменяется во времени.

АТС является сложной приемной антенной. Уровень наводимых помех в электрических цепях бортовых электротехнических систем зависит от многих факторов [3–5], влияние которых более подробно будет рассмотрено ниже. Здесь можно выделить геометрические размеры, форму щелей и отверстий кузова, а также их взаимное расположение; конфигурацию и объем внутреннего пространства; компоновку и взаимное расположение различных агрегатов и электротехнических систем; длины и трассы жгутов проводов; электрические и схемотехнические особенности электротехнических систем [6]. Отсюда следует, что АТС, как антенна, обладает сложной апертурой, которая может быть спозиционирована в кон-

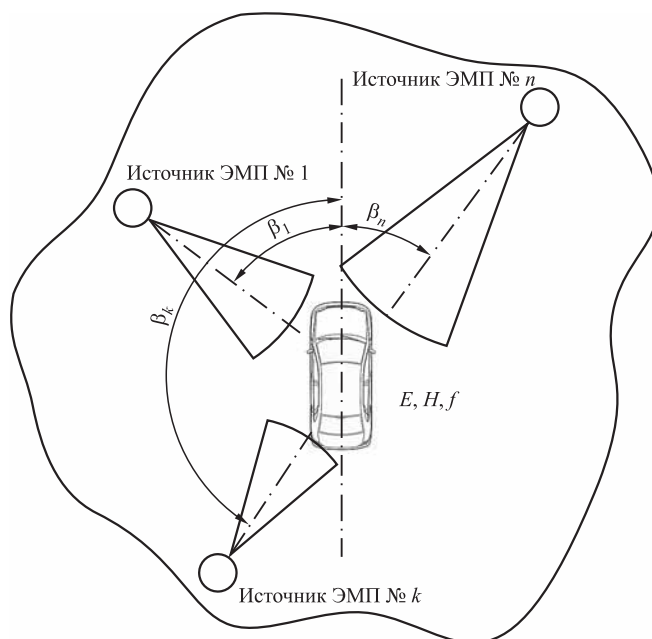


Рис. 1. Случайная ориентация автотранспортного средства по отношению к источникам электромагнитного излучения

кретный момент в направлениях эффективного или неэффективного радиоприема. Поэтому не очевидно, что три вышеуказанных направления являются достаточными для полной проверки помехоустойчивости электротехнических систем.

Возникает вопрос и, соответственно, вытекает постановка задачи: при каких положениях АТС относительно полеобразующих систем будет достаточно полно оценена помехоустойчивость бортовых электротехнических систем? Визуальный анализ и математическая модель внутреннего пространства у автотранспортного средства показывают его несимметричность относительно продольной оси (рис. 2). Это уже говорит о том, что тестирование на помехоустойчивость должно быть в диапазоне азимутальных углов от 0 до 360°.

Несимметричность АТС как приемной антенны подтверждается исследованиями напряженности электромагнитного поля во внутреннем пространстве АТС. Их результаты представлены на рис. 2 [7]. Исследования проводились при следующих условиях. Автомобиль располагался в безэховой камере на поворотном динамометрическом стенде. Расстояние от его центра до излучающей антенны составляло 14 м. Датчик электромагнитного поля располагался в подкапотном пространстве автомобиля на продольной симметрии. Характеристики подстилающей поверхности: металлический пол поворотного стенда и пол, покрытый радиопоглощающим материалом. Шаг угла поворота стенда составлял 10°, а шаг перестройки по частоте составлял 50 МГц (рис. 4).

Как видно из рис. 3, все диаграммы направленности несимметричны, имеют многолепестковую

структуру. Учитывая индивидуальные особенности конкретной конструкции и компоновки, каждая модель автотранспортного средства имеет собственную диаграмму направленности. Ее несимметричность влияет на уровень наводимых электромагнитных помех в зависимости от направления воздействия (рис. 5, а). Проведенные исследования (рис. 5, б) доказывают, что уровень наводимых помех, а соответственно, и помехоустойчивость электротехнических систем зависят от ориентации АТС к излучателю помех.

Другой вывод, который следует из анализа рис. 3—5: стандартные испытания на помехоустойчивость не являются достаточными, так как уровни наводимых помех с направлений воздействий, отличных от фронтального позиционирования АТС к источнику, могут превышать уровни помех, наводимых с фронтального позиционирования АТС.

В соответствии с ранее выдвинутым предположением, а также проведенными экспериментальными исследованиями тестирование электротехнических систем необходимо проводить, позиционируя АТС к полеобразующей системе во всем диапазоне азимутальных углов [8, 9]. Здесь появляется другая задача — определение оптимальных параметров углового позиционирования. Потому что если будут неправильно выбраны угловой дискретный шаг поворота или скорость вращения стенда, то испытания либо будут проведены неполно, либо продлятся необоснованно долго. Критерием здесь является совмещение на минимальное требуемое время всех основных лепестков диаграмм направленности автотранспортного средства с направлением максимума излучения антенны.

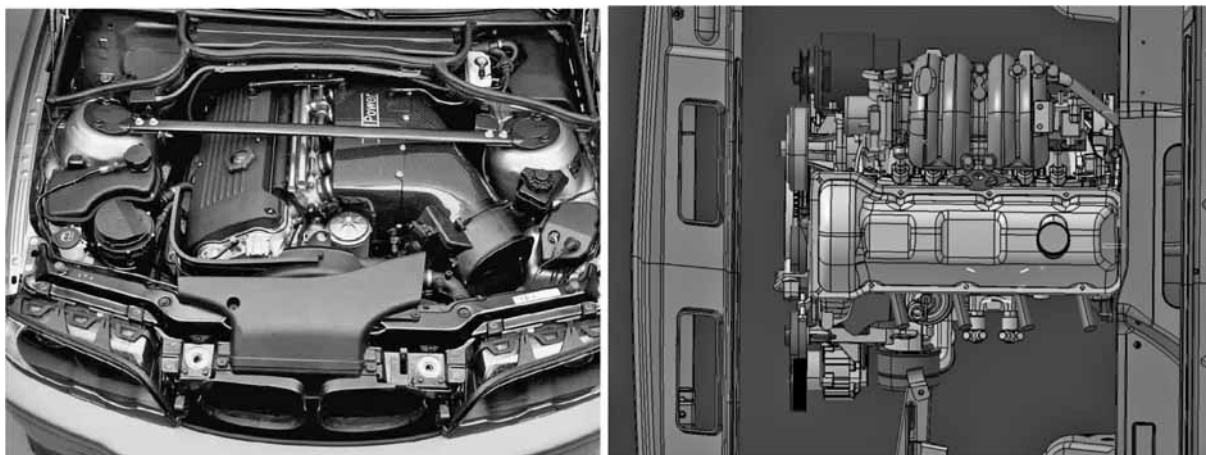


Рис. 2. Доказательство несимметричности внутреннего пространства АТС относительно продольной оси

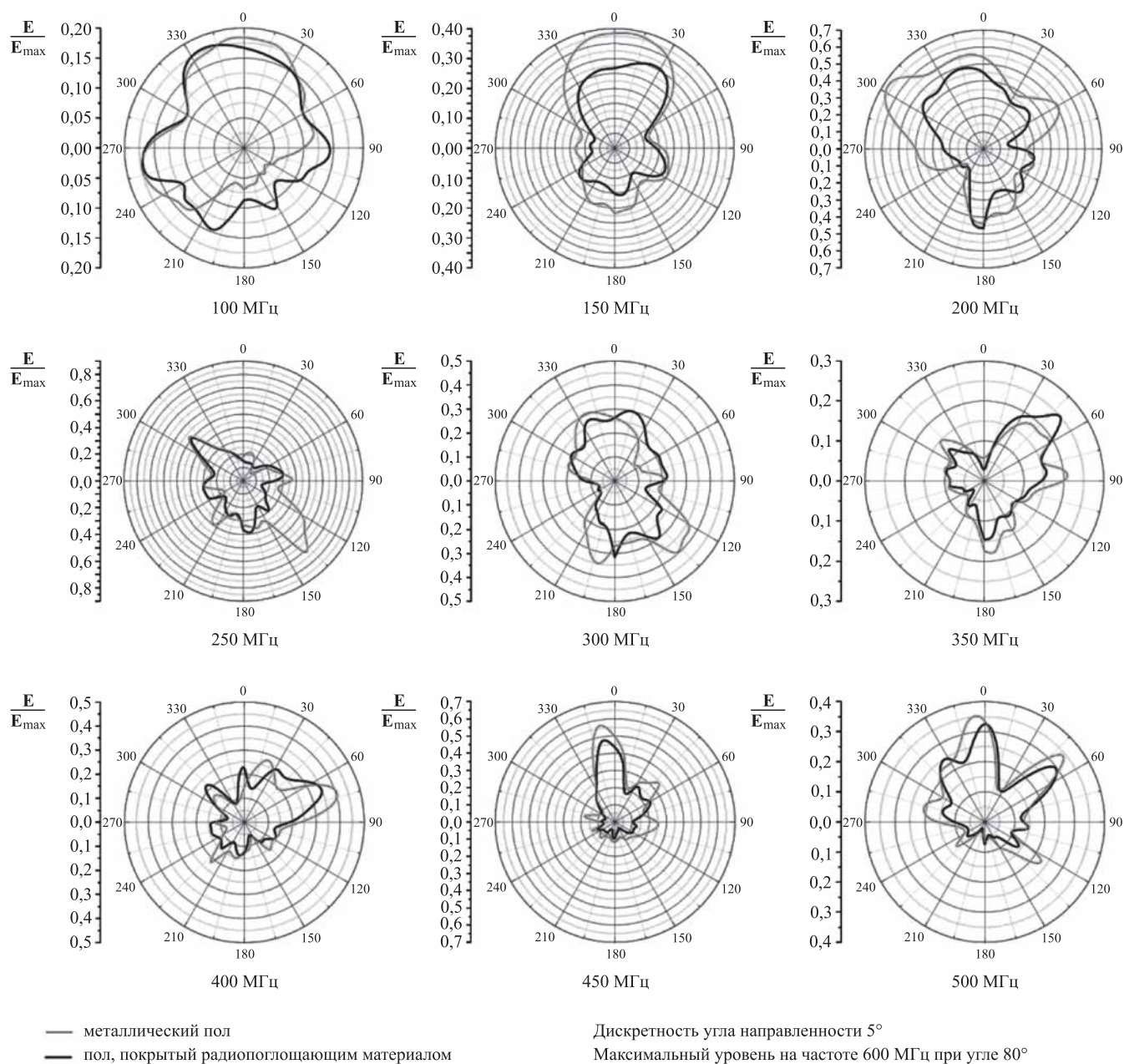
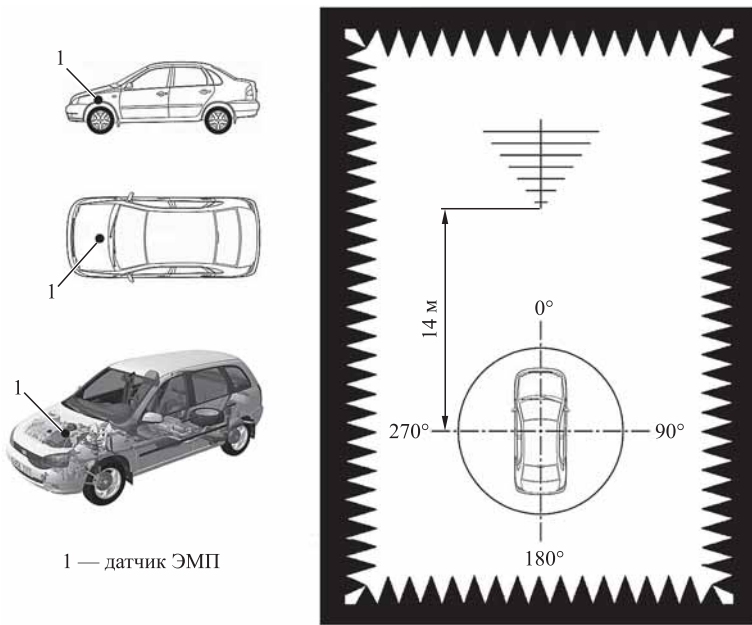


Рис. 3. Диаграммы направленности автомобиля

Возможно дискретное и непрерывное позиционирование. При первом реализуется последовательное вращение автотранспортного средства на конкретный заданный угол. Оно применяется при тестах, реализующих динамические ездовые циклы. Например, испытания систем ABS с разгоном и торможением. Во втором реализуется непрерывное вращение автотранспортного средства с заданной угловой скоростью. Однако его недостатком является то, что если в процессе теста

произошел сбой электротехнических систем, то по завершении полного оборота АТС относительно полеобразующей системы необходим его возврат на тот угол, где проявились проблемы ЭМС. И уже при дискретном позиционировании находить уровень помехоустойчивости.

Отсюда следует, что непрерывное позиционирование адекватно применять, только если требуется подтвердить соответствие требованиям электротехнических систем в составе АТС.



1 — датчик ЭМП

Рис. 4. Условия проведения испытаний

Для поиска проблем ЭМС и их детальных исследований более адекватно применять дискретное позиционирование АТС.

На практике позиционирование автотранспортного средства относительно полеобразующей системы (излучающей антенны) осуществляет поворотный динамометрический роликовый стенд. Им оснащены все ведущие мировые испытательные ЭМС-центры.

Параметры дискретного азимутального углового позиционирования определяются из экспериментально полученных диаграмм направленности автотранспортного средства. Обработка данных показывает, что ширина основных лепестков по уровню $1/\sqrt{2}$ от максимального значения составляет как минимум 10° для различных характеристик подстилающих поверхностей. Отсюда оптимальный дискретный угол поворота по азимуту выбирается $\beta_{\text{опт.д}} = 10^\circ$.

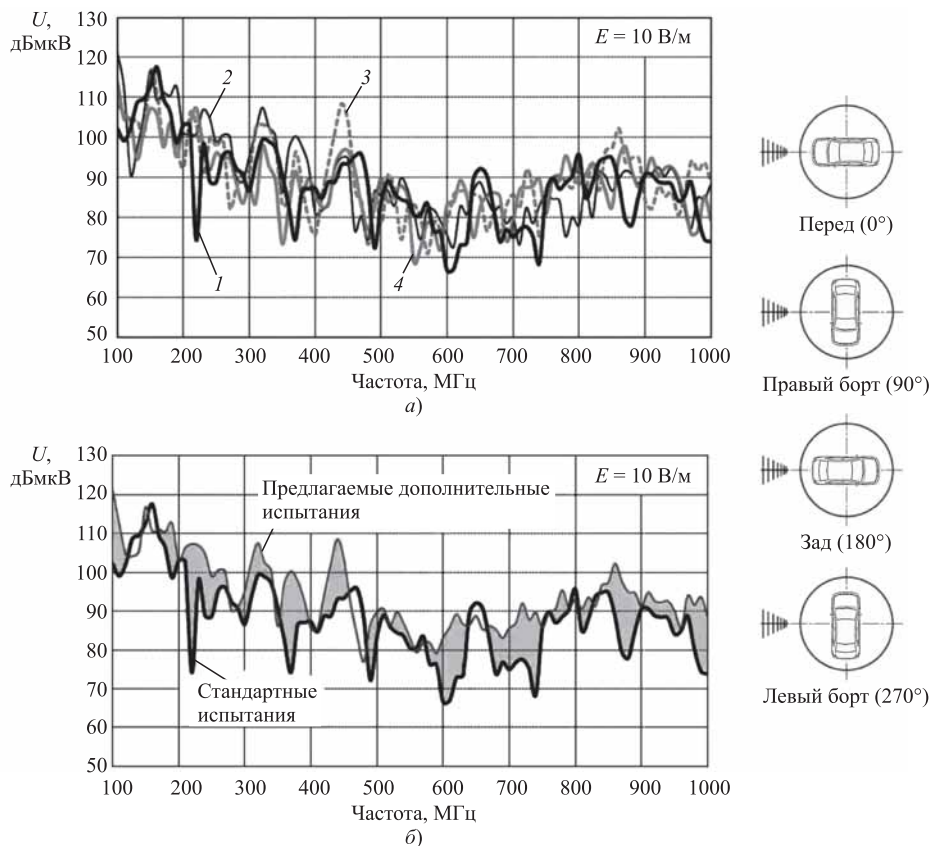


Рис. 5. Параметры наведенных помех:

а — уровень помех в бортовой сети по входу контроллера системы управления двигателя;
 б — сравнение стандартных испытаний и предлагаемых дополнительных испытаний:
 1 — перед (0°); 2 — правый борт (90°); 3 — зад (180°); 4 — левый борт (270°)

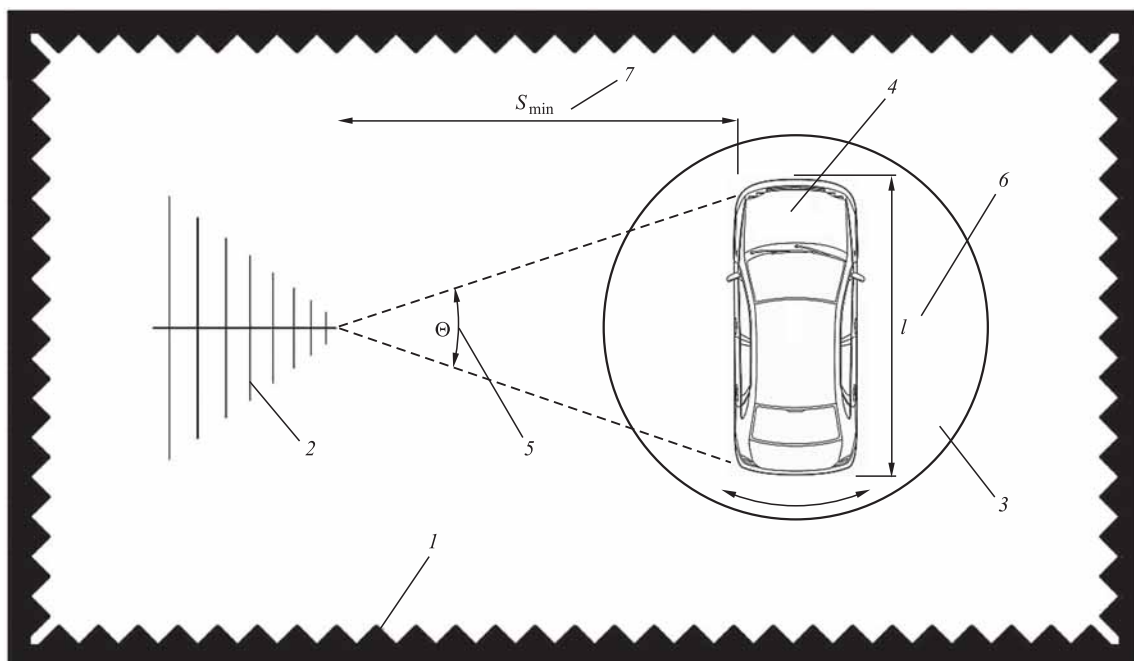


Рис. 6. Выбор расстояния между полеобразующей системой и АТС:

1 — беззевая камера; 2 — полеобразующая система; 3 — поворотный испытательный стенд; 4 — АТС; 5 — угол главного лепестка диаграммы направленности полеобразующей системы; 6 — линейный размер АТС; 7 — минимальное расстояние между полеобразующей системой и АТС

В этом случае всегда лепестки диаграмм направленности будут совмещаться с максимальным направлением тестового электромагнитного излучения.

Следующей задачей является выбор расстояния от АТС до полеобразующей системы. Здесь критерием выбора является попадание максимального линейного размера АТС в главный (основной) лепесток диаграммы направленности полеобразующей системы. Задача решается тригонометрическими функциями и наглядно графически показана на рис. 6. Минимальное расстояние определяется выражением:

$$S_{\min} \leq \frac{l}{2 \operatorname{tg}(\Theta/2)}, \quad (1)$$

где l — максимальный линейный размер автотранспортного средства; Θ — угол главного лепестка диаграммы направленности полеобразующей системы в горизонтальной плоскости.

При дискретном позиционировании алгоритм испытаний сводится к следующей последовательности:

1. Задаются оговоренные программой испытаний режимы работы электротехнических систем, установленных на АТС.

2. Задаются тестовые параметры воздействующего сигнала: форма и амплитуда.

3. Устанавливается начальная несущая частота f_{\min} воздействия.

4. На заданной несущей частоте f_{\min} осуществляется электромагнитное воздействие на АТС, которое с дискретным шагом скоростью не более 5°/с осуществляет вращение на 360° относительно полеобразующей системы. В каждой позиции в течение не менее 2 с контролируется помехоустойчивость электротехнических систем.

5. Если происходит нарушение работоспособности электротехнической системы, то находят минимальный уровень воздействия.

6. После прохождения этапов 4 и 5 для заданной несущей частоты производится перестройка частоты воздействия на заданный шаг и тестирование продолжается в соответствии с этими же пунктами.

7. Процесс испытаний проводится на всех указанных в программе частотах диапазона.

По результатам испытаний характеристика помехоустойчивости выражается в виде матричного массива:

$$E_n(f, \beta) = \begin{vmatrix} E_{f_{\min}, \beta_{\min}} & E_{f_{\min}, \beta_{\min} + \Delta\beta m} & \dots & E_{f_{\min}, \beta_{\max}} \\ E_{f_{\min} + \Delta f n, \beta_{\min}} & E_{f_{\min} + \Delta f n, \beta_{\min} + \Delta\beta m} & \dots & E_{f_{\min} + \Delta f n, \beta_{\max}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_{f_{\max}, \beta_{\min}} & E_{f_{\max}, \beta_{\min} + \Delta\beta m} & \dots & E_{f_{\max}, \beta_{\max}} \end{vmatrix}, \quad (2)$$

где E — напряженность электромагнитного излучения, при котором наблюдалось нарушение работоспособности электротехнических систем автотранспортного средства; $f \in [f_{\min}; f_{\max}]$ — диапазон частот электромагнитного воздействия; $\beta \in [\beta_{\min}; \beta_{\max}] = [0; 360^\circ]$ — диапазон углов поворота автотранспортного средства в азимутальной плоскости относительно излучающей антенны; $\Delta\beta = \beta_{\text{опт.д}} = 10^\circ$; $n = 1, 2, 3, \dots$; $m = 1, 2, 3, \dots$.

Пример характеристики помехоустойчивости приведен на рис. 7 и отображает результаты испытаний опытного контроллера системы управления двигателем автомобиля. На графике отображена поверхность внешних полей, при которых контроллер начинал неустойчиво работать.

По результатам проведенных тестов определяется минимальный уровень помехоустойчивости $E_{n, \min}$ электротехнических систем.

Предложенный подход позволяет, воссоздав наиболее реальные особенности эксплуатации

электротехнических систем АТС в электромагнитной обстановке, более полно изучить их помехоустойчивость и при несоответствии требованиям доработать их, обеспечив тем самым электромагнитную безопасность автомобильного транспорта.

Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ НШ-2515.2020.8.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Правила № 10.** Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости [Текст] / Добавление 9. — Пересмотр 4. — ЕЭК ООН, 2012.
2. **ISO 11451-2.** Road vehicles. Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy. Part 2: Off-vehicle radiation sources. — 2005.
3. **Электронная** система регулирования скорости движения автомобиля в режимах поддержания и ограничения скорости / В. В. Дебелов, В. В. Иванов, В. Н. Козловский, В. И. Строганов, В. Е. Ют // Грузовик. — 2013. — № 12. — С. 19—23.
4. **Аналитический** комплекс прогнозирования надежности электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой / В. Н. Козловский, Н. И. Горбачевский, А. Г. Сорокин, В. Б. Кислинский, Л. Х. Мифтахова // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — Т. 17. — № 3. — С. 227—229.
5. **Козловский В. Н.** Обеспечение качества и надежности системы электрооборудования автомобилей / В. Н. Козловский: Автореф. дис. на соискание ученой степени доктора технических наук / Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т). — Тольятти, 2010.
6. **Строганов В. И., Козловский В. Н.** Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования и производства: монография. — М.: МАДИ, 2014. — 304 с.
7. **Автотранспортное** средство в условиях воздействия гармонических электромагнитных полей / П. А. Николаев, Л. Н. Кечиев, Н. В. Балюк, А. С. Подгорный // Технологии электромагнитной совместимости. — 2016. — № 2 (57). — С. 5—14.
8. **Пат. № 2640376.** Российская Федерация. Способ испытаний электрооборудования автотранспортных средств на восприимчивость к электромагнитному полю / А. С. Подгорный, П. А. Николаев, Б. М. Горшков, Н. С. Самохина; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Поволжский государственный университет сервиса". Оpubл. 28.12.2017. Бюл. № 1.
9. **Николаев П. А., Козловский В. Н., Подгорный А. С.** Испытания автотранспортных средств на устойчивость к внешним электромагнитным воздействиям // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2017. — № 5. — С. 43—46.

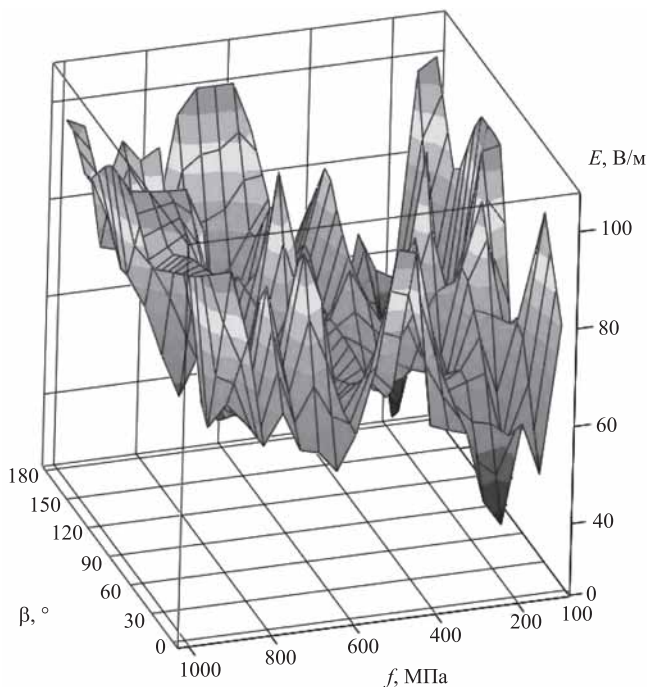


Рис. 7. Трехмерная характеристика помехоустойчивости опытного контроллера системы управления двигателем автомобиля

УДК 620.172.242

А. П. Фот, д-р техн. наук, профессор, главный ученый секретарь — начальник отдела диссертационных советов, e-mail: fot@mail.osu.ru, **Е. Н. Рассоха**, канд. пед. наук, e-mail: rassoha2012@gmail.com, **В. И. Рассоха**, д-р техн. наук, Оренбургский государственный университет, e-mail: cabin2012@yandex.ru

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПА ЦЕПИ ПРИВОДОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Цель исследования — обоснование с учетом долговечности параметров пластин роликовых цепей, используемых в приводах газораспределительных механизмов автомобилей. Использованный метод — аналитическое представление зависимостей долговечности пластин различной формы звеньев приводных цепей как функций значений основных размеров цепи и параметров нагружения (шага цепи, ширины и толщины пластин звеньев, диаметра втулок шарниров цепи и формы пластины). Актуальность предлагаемого подхода обоснована большой трудоемкостью предпроектных исследований для выбора типа цепи приводов различных механизмов. Основные результаты — предложены зависимости для определения долговечности пластин и корректировки размеров пластин на основе результатов вычислительных (цепи роликовые приводные с шагом от 12,7 до 25,4 мм) и физических экспериментов (на пластинах цепей с шагом 25,4 мм). В случае использования пластин с размерами, отличающимися от размеров стандартных цепей, значения долговечности, найденные с использованием номограмм, корректируются с учетом значений фактических размеров по корректирующему коэффициенту.

Ключевые слова: автотранспортное средство, газораспределительный механизм, приводная цепь, пластина звена цепи, долговечность.

The purpose of the study is the justification, taking into account the durability, of the parameters of the roller chain plates used in the drives of gas distribution mechanisms of automobiles. The method used is an analytical representation of the dependences of the durability of plates of various shapes of drive chain links as functions of the values of the main dimensions of the chain and loading parameters (chain pitch, width and thickness of link plates, diameter of chain hinge bushings and plate shape). The relevance of the proposed approach is justified by the great complexity of pre-design studies to select the type of drive chain of various mechanisms. Main results — dependencies are proposed for determining the durability of the plates and adjusting the size of the plates based on the results of computational (drive roller chains with a pitch of 12.7 mm to 25.4 mm) and physical experiments (on chain plates with a pitch of 25.4 mm). In the case of using plates with sizes different from the sizes of standard chains, the durability values found using nomograms are adjusted taking into account the actual sizes by the correction factor.

Keywords: motor vehicle, gas distribution mechanism, drive chain, chain link plate, durability.

Цепные передачи в силу своих достоинств (высокий КПД, надежность, постоянство передаточного отношения и др.) нашли широчайшее распространение в современном машиностроении (сельхозмашины, станочное оборудование, буровые установки и др.), в том числе и в автомобилестроении. Достаточно отметить, что цепные передачи используются в приводах газораспределительных механизмов (ГРМ) сотен моделей автомобилей ведущих производителей, таких как Audi, Chevrolet, Citroen, Fiat, Ford, Hyundai, Infinity, KIA, Lexus, Mazda, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Nissan, Opel, Renault, Peugeot, Seat, Skoda, Suzuki, Toyota, Volvo и др.

Цепные передачи имеют многовековую историю. Официально считается, что роликовую цепь

изобрел Ханс Ренольд в 1880 г., но есть мнение, что авторство принадлежит Леонардо да Винчи, на эскизах которого уже в XVI в. была показана цепь, использующая элементы, подобные современным роликам (<http://class-fizika.ru/le09.html>, "Передаточные механизмы и подшипники Леонардо да Винчи"; <http://chain-guide.com/breaks/brief-history-of-chain.html>, "Краткая история цепи"). Компания "Ханс Ренольд и Ко." (Hans Renold & Co.) по производству цепей была создана в 1979 г. на базе компании "Джейм Слейтер и Ко.", которая внедрила в конструкцию цепи ролики (до этого времени трансмиссионная цепь состояла только из пластин и валиков). В 1880 г. компанией "Ханс Ренольд и Ко." была запатентована конструкция цепи с роликовым шарниром, которая

используется сегодня во всем мире. В 1915 г. компания "Ханс Ренольд и Ко." начала изготавливать цепные пластины с талией (типа "восьмерка") и цепи с прямыми пластинами.

Совершенствование цепных передач потребовало многолетних исследований, результаты которых приведены в работах ряда отечественных [2—4, 6, 10, 13] и зарубежных [19—23] ученых. При этом исследовались геометрия цепных передач и в первую очередь износостойкость и усталостная долговечность элементов цепей. Долговечность приводных цепей особенно важна в связи с возрастанием рабочих скоростей и нагрузок в современных высокопроизводительных машинах. Как указывает автор [2], наиболее слабым звеном в цепи являются пластины внутренних звеньев, разрушающиеся в результате развития усталостных трещин в области отверстий под втулки шарнира цепи. В связи с этим большое значение в исследованиях долговечности цепей имеют работы в области изучения трещиностойкости и циклической прочности элементов конструкций и статистической обработки результатов экспериментов [1, 5, 7, 9, 11, 12, 14].

На основе анализа результатов известных работ нами были произведены исследования усталостной прочности пластин с проведением численных и физических экспериментов, описанных в работах [8, 16—19], и предложена методика определения долговечности пластин.

Общая формула (1) нахождения долговечности (N_0 циклов до разрушения) пластины типа "восьмерка" внутреннего звена стандартной роликотной (втулочной) цепи по ГОСТ 13568—75:

$$N = 1,2158 \cdot 10^{10} / (0,034512 \sigma^{1,0168} t^{0,2515})^m, \quad (1)$$

где σ — напряжения растяжения в опасном сечении (в области отверстий под втулки шарнира звена), МПа; t — шаг цепи, мм; $m = 3,9484 t^{-0,1275}$.

Запишем:

— для пластин с формой типа "восьмерка":

$$N_0 = 1,2158 \cdot 10^{10} / (0,034512^m \sigma_0^{1,0168} t^{0,2515} m); \quad (2)$$

— для пластин с прямыми боковыми гранями:

$$N_b = 1,2158 \cdot 10^{10} / (0,034512^m \sigma_b^{1,0168} t^{0,2515} m). \quad (3)$$

С учетом (2) и (3) получим (4) и (5):

$$\begin{aligned} N_b / N_0 &= (\sigma_0 / \sigma_b)^{(4,0147 t^{-0,1275})} = \\ &= b_b / b_0^{(3,4731 t^{-0,1275})} \end{aligned} \quad (4)$$

или

$$N_b / N_0 = (\sigma_0 / \sigma_b)^{1,1559} = b / b_1, \quad (5)$$

где b_b и b_0 — наименьшая ширина пластины в шейке "восьмерки" для нестандартной и стандартной пластин, мм, соответственно; b и b_1 — наибольшая и наименьшая ширина (часто говорят "высота") стандартной пластины (табл. 1).

При этом возможное уменьшение толщины пластины от s до s_b при переходе к форме с прямыми гранями определяется через коэффициент K_s по формуле (6):

$$K_s = \sigma_b / \sigma_0 = (b_1 / b)^{0,8651}. \quad (6)$$

Пластина с прямыми гранями и толщиной s_b обеспечивает значение долговечности, равное долговечности стандартной пластины большей толщины s , (но с меньшей площадью A боковой поверхности). В связи с этим необходимо оценить изменение интегрального показателя, в частности, объемов V (что равносильно массе) двух пластин различной формы через площади A и толщины s пластин ($A = Vs$).

Аналитическое определение площади пластин с формой "восьмерка" достаточно сложно. В качестве одного из вариантов для определения площади можно использовать формулу (7):

$$\begin{aligned} A_0 &= K_1 (180 - K_2) + 0,5 t K_3 - \\ &- K_4 (90 - K_2) - \pi d_{\text{вт}}^2 / 2, \end{aligned} \quad (7)$$

где $K_1 = \pi 0,25 b^2 / 90$, мм²;

$$K_2 = \arctg \left\{ \left[0,5 (t^2 + b_1^2 - b^2) / (b - b_1) + b_1 \right] / t \right\},$$

° угла;

$$K_3 = 0,5 (t^2 + b_1^2 - b^2) / (b - b_1) + b_1, \text{ мм};$$

Таблица 1

t	b	b_1	$K_s = \sigma_b / \sigma_0$	s	$s_b = s K_s$
12,7	11,80	9,35	0,817644	1,60	1,30823
15,875	14,80	11,60	0,809970	2,00	1,619941
19,05	18,20	13,90	0,792017	2,40	1,90084
25,4	24,20	18,35	0,787105	3,20	2,518737
31,75	30,20	22,85	0,785631	4,00	3,142523
38,1	36,20	27,30	0,783404	4,80	3,760337
44,45	42,40	31,70	0,777557	5,60	4,354318
50,8	48,30	36,10	0,777350	6,40	4,975042
63,5	60,40	44,90	0,773719	8,00	6,189752

$$K_4 = \pi \left[0,25(t^2 + b_1^2 - b^2)/(b - b_1) \right]^2 / 90, \text{ мм}^2;$$

$d_{\text{вт}}$ — диаметр отверстий в пластине, мм.

Следует отметить, что при b_1 , равном b , данная формула неприменима. В связи с этим рекомендуется принимать значение b_1 меньшее, но близкое к значению b (в пределах величины допуска на изготовление пластины).

Для пластины с прямыми гранями формула гораздо проще (8):

$$A_b = tb + \pi b^2/4 - \pi d_{\text{вт}}^2/2. \quad (8)$$

Результаты расчетов по формуле (7) приведены в табл. 2. Как видно, интегральный показатель V объема (и массы M пластины) менее 1. Таким образом, переход на пластины с прямыми гранями обоснован и позволяет снизить металлоемкость цепи не только за счет пластин внутренних звеньев (экономия Δ , %), но и за счет уменьшения ширины цепи в целом. Кроме того, возможна экономия средств у изготовителя пластин (штамповка пластин более простой формы из листа меньшей толщины способствует повышению стойкости штампов).

Проведенный анализ большого числа существующих отечественных и зарубежных стандартов на параметры приводных цепей показал, что данные нормативные документы регламентируют строгое соблюдение только одного параметра — шага цепи (в отечественной литературе используется обозначение t , в последних редакциях документов используется обозначение шага p). Прочие параметры (ширина или высота пластины, толщина пластины, диаметры втулок, ширина цепи и др.) могут варьироваться в широких пределах и в большинстве случаев определяются техническими условиями (ТУ) заводов-изготовителей. В связи с этим нами была произведена оценка возможности изменения размеров пластин с учетом влияния

соотношения размеров на долговечность пластины цепей конкретных заводов-изготовителей по требованиям различных стандартов (отечественных и зарубежных) и технических условий. Основные параметры пластин приведены в табл. 3 (принято, что пластины изготовлены из одного материала и подвергнуты одинаковой термообработке).

Для цепи ПР-12,7-1820-2 по ГОСТ 13568—75 с пластинами типа "восьмерка" долговечность N_0 пластины как число циклов до разрушения может быть найдена по формуле (1) из работ [15, 18], причем значение σ_0 (напряжение в опасном сечении пластины, ослабленном отверстиями диаметром d) с учетом концентрации напряжений можно принимать равным до 450 МПа.

В случае отличия значений фактических размеров пластины от стандартных полученное по формуле (1) значение N_0 умножается на корректирующий коэффициент $K_{\text{Низг}}$, значение которого находится по формуле (9):

$$K_{\text{Низг}} = \left[24,2131(b-d)s/t^{2,1293} \right]^{(4,0147t^{-0,1275})}, \quad (9)$$

где b , d и s — фактические значения соответственно наибольшей ширины пластины, диаметра отверстия в пластине и толщины пластины.

Для цепи 08В-1 по требованиям ISO 606—2004 (DIN 8187-1) значение $K_{\text{Низг}}$ с учетом размеров пластины в табл. 1 равно 1,104. Следовательно, $N_{08В-1}$ будет равно 1,104 N_0 .

С другой стороны, отношение значений долговечностей рассматриваемых пластин с учетом формулы (1) можно определить через отношение значений напряжений σ_0 и $\sigma_{08В-1}$ согласно формуле (10):

$$N_0/N_{08В-1} = (\sigma_{08В-1}/\sigma_0)^{1,0168m} = 1/K_{\text{Низг}}. \quad (10)$$

Из формулы (10) легко получить значение $\sigma_{08В-1}$ (11):

Таблица 2

t	A_0	A_b	A_b/A_0	K_s	$V(M)$	Δ , %
12,7	179,8764	197,0478	1,095462	0,817644	0,895698	10,43022
15,875	300,8623	328,6419	1,092334	0,80997	0,884757	11,52426
19,05	451,433	494,8966	1,096279	0,792017	0,868272	13,17282
25,4	782,0637	860,5908	1,10041	0,787105	0,866138	13,38617
31,75	1250,842	1374,075	1,09852	0,785631	0,863032	13,69684
38,1	1811,024	1989,758	1,098692	0,783404	0,86072	13,92801
44,45	2494,202	2742,79	1,099666	0,777557	0,855053	14,49467
50,8	3254,923	3579,338	1,099669	0,77735	0,854828	14,51723
63,5	5129,719	5642,778	1,100017	0,773719	0,851104	14,8896

Размеры пластин внутренних звеньев приводных роликовых и втулочных цепей

Стандарт	Обозначение	Шаг цепи $t(p)$, мм	Ширина (высота) пластины, B/b_1 , мм	Толщина s , мм	Диаметр отверстий d , мм
ISO 606-2004 (DIN 8187-1)	С прямым контуром пластин (А-серии)				
	06В-1	9,525	8,2/8,2	1,405	4,73
	08А-1 GL	12,700	11,8/11,8	1,665	6,00
	Цепи повышенной точности (В-серии) с контуром пластин "восьмерка"				
	08В-1	12,700	11,8/9,35	1,725	6,25
ГОСТ 13568—75	Цепи приводные роликовые с контуром пластин "восьмерка"				
	ПР-12,7-1820-2	12,700	11,8/9,35	1,600	6,29
Цепи втулочные привода ГРМ с прямым контуром пластин					
г. Даугавпилс ТУ 000303018-41—2007	514-1006040-20	9,525	9,6/9,6	1,600	6,30
Mitsubishi Lancer X	G53RING	9,525	9,5/9,5	1,450	6,35

$$\sigma_{08В-1} = \sigma_0(1/K_{\text{Низг}})^{(1/1,0168m)}. \quad (11)$$

В нашем случае $\sigma_{08В-1}$ получается равным $0,9665\sigma_0$. Это означает, что фактические напряжения $\sigma_{08В-1}$ могут быть увеличены при обеспечении долговечности $N_{08В-1}$, равной долговечности N_0 стандартной пластины, либо может быть уменьшена толщина s пластины пропорционально изменению напряжений. Тогда при одинаковой силе F_p растяжения пластины имеем формулы (12) и (13):

$$\sigma_{08В-1} = F_p / [(b_{08В-1} - d_{08В-1})s_{08В-1}]; \quad (12)$$

$$\sigma_0 = F_p / [(b_0 - d_0)s_0]. \quad (13)$$

Далее с учетом формул (11) — (13) получим выражение (14) для определения новой толщины $s_{08В-1}$ пластины:

$$s_{08В-1} = [(b_0 - d_0)s_0 / [(b_{08В-1} - d_{08В-1}) \times (1/K_{\text{Низг}})^{(1/1,0168m)}]]. \quad (14)$$

Для пластин цепей с размерами в табл. 3 $s_{08В-1}$ равно 1,6435 мм, что меньше толщины пластины цепи 08В-1 на 4,7246 %.

Ввиду использования большого количества типоразмеров цепей для получения расчетных зависимостей (шаги цепей от 12,7 до 63,5 мм) последние можно использовать для определения долговечности цепей с другими шагами, в частности для пластин втулочных цепей с шагом 9,525 мм приводов ГРМ Даугавпилсского завода (514-1006040-20 согласно ТУ 000303018-41—2007) и цепей японского производства на примере цепи G53RING ГРМ автомобиля Mitsubishi Lancer X (табл. 3). Используя (1) и (5), определим долговечность цепи Даугавпилсского

завода при значении σ_0 , равном 100 МПа, причем расчетное значение N_0 по формуле (1) должно быть скорректировано по причине использования в цепи прямых пластин вместо пластин типа "восьмерка" до $N_{0П}$ по формуле (15):

$$N_{0П} = N_0(b/b_{1Г})^{0,8651}, \quad (15)$$

где b и $b_{1Г}$ — фактическая ширина пластины (9,6 мм), и размер "тали" криволинейной пластины (теоретическое значение наименьшей ширины пластины при исполнении ее в типе "восьмерка") соответственно (на основе анализа размеров стандартных цепей $b_{1Г} = 0,78t^{0,9763}$, для рассматриваемой цепи $b_{1Г} = 7,043$ мм).

В итоге получаем (для пластины типа "восьмерка" по ГОСТу):

$$N_0 = 1,2158 \cdot 10^{10} / (0,034512 \sigma_0^{1,0168} t^{0,2515})^m = 1,2158 \cdot 10^{10} / (0,034512 \cdot 100^{1,0168} \times 9,525^{0,2515 \cdot 3,9484(9,525^{\wedge} - 0,1275)}) = 4,6 \cdot 10^7 \text{ цикл.}$$

Полученное значение необходимо умножить на корректирующий коэффициент $K_{\text{Низгд}}$ по формуле (9) с учетом того, что значения размеров пластин отличаются от теоретических средних для пластин цепей по ГОСТ 13568—75 ($b_{\text{Гд}} = 8,81 < 9,6$ мм; $s_{\text{Гд}} = 1,2 < 1,6$ мм; $d_{\text{ВГд}} = 4,64 < 6,3$ мм):

$$K_{\text{Низгд}} = [24,2131(b_{\text{д}} - d_{\text{д}})s_{\text{д}}/t^{2,1293}]^{(4,0147t^{\wedge} - 0,1275)} = [24,2131(8,81 - 4,64)1,2/9,525^{2,1293}]^{(4,0147(9,525^{\wedge} - 0,1275)} = 0,9936.$$

$$N_{0д} = N_0 K_{\text{Низгд}} = 4,6 \cdot 10^7 \cdot 0,9936 = 4,57 \cdot 10^7 \text{ цикл.}$$

$$N_{0П} = N_{0д}(b/b_{1Г})^{0,8651} = 4,57 \cdot 10^7 (9,6/7,043)^{0,8651} \approx 5,97 \cdot 10^7 \text{ цикл.}$$

Следовательно, долговечность прямых пластин возрастает примерно на 30 % по сравнению с пластинами типа "восьмерка" (следует отметить, что это соответствует данным [2], предсказавшим увеличение долговечности в 1,25 раза и данным автора [6] — в 1,25—1,50 раза).

Как видно, соотношение размеров пластин изготовителя, несмотря на отличие их средних стандартных, оказалось удачным и существенно не повлияло на прогнозируемую долговечность.

Таким образом, долговечность пластин цепи Даугавпилсского завода лежит в пределах рекомендуемых [2] значений.

Определим долговечность N_L пластин цепи ГРМ автомобиля Mitsubishi Lancer X при идентичных значениях σ (считая, что материал и термообработка пластин идентичны таковым в цепи Даугавпилсского завода), также используя корректирующий коэффициент $K_{\text{Низг}}$ по формуле (9):

$$\begin{aligned} N_L &= N_{\text{оп}} K_{\text{Низг}} = \\ &= N_{\text{оп}} [24,2131(b_L - d_L) s_L / t^{2,1293}]^{(4,0147r^{\wedge} - 0,1275)} = \\ &= N_{\text{оп}} [24,2131(9,5 - 6,35) 1,45 / 9,525^{2,1293}]^{3,012} = \\ &= 5,97 \cdot 10^7 \cdot 0,7548 = 4,51 \cdot 10^7 \text{ цикл.} \end{aligned}$$

Следовательно, соотношение размеров пластин цепи ГРМ автомобиля Mitsubishi Lancer X несколько хуже, чем в цепи Даугавпилсского завода, но долговечность пластин находится в рекомендуемых пределах.

Заключение

Предложенная методика оценки долговечности пластин позволяет обоснованно выбирать конструкцию приводной цепи для заданных условий нагружения. Форма пластин звеньев имеет существенное значение в обеспечении качества цепной передачи. Использование приводных втулочных цепей с прямыми пластинами в приводах ГРМ автомобилей оправданно, поскольку позволяет повысить долговечность цепи примерно на 30 % с одновременным уменьшением осевых габаритов передачи, массы передачи, динамических нагрузок и шума в процессе эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батов Г. П., Куркин А. С., Бириуков А. С., Гриневич А. В. Определение параметров уравнения Пэрса методом обратного моделирования роста трещины в образце // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2007. — Т. 73. — № 12. — С. 41—43.
2. Воробьев Н. В. Цепные передачи: монография. — М.: Машиностроение, 1968. — 262 с.
3. Глушенко И. П. Основы проектирования цепных передач с втулочно-роликовыми цепями: монография. — Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1964. — 226 с.

4. Готовцев А. А., Котенок И. П. Проектирование цепных передач: справочник. — М.: Машиностроение, 1982. — 336 с.
5. Добровольский Д. С. Разработка критериев и моделирование циклической прочности элементов конструкций // Вестник ИжГТУ им. М. Т. Калашникова. — 2018. — Т. 21. — № 3. — С. 20—24.
6. Ивашков И. И. Пластинчатые цепи. Конструирование и расчет. — М.: ГНТИ машиностроительной литературы, 1960. — 264 с.
7. Ито Ю., Мураками Ю., Хасебэ Н. и др. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений: в 2-х т.; пер. с англ. / под ред. Ю. Мураками. — М.: Мир, 1990 (Т. 1. — 448 с., Т. 2. — 1016 с.).
8. Каменев С. В., Лапынина М. Ю., Фот А. П. Определение рациональных соотношений размеров пластин звеньев приводных роликовых цепей // Вестник машиностроения. — 2015. — № 6. — С. 43—48.
9. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 816 с.
10. Петрик А. А., Глушенко И. П., Метильков С. А. и др. Роликовые цепные передачи общемашиностроительного применения. Расчет нагрузочной способности: рекомендации. — Краснодар: КПИ, 1991. — 65 с.
11. Покровский А. М., Черномошеница А. С. Оценка живучести растянутой пластины с поперечной полуэллиптической трещиной // Известия вузов. Машиностроение. — 2014. — № 3. — С. 42—46.
12. Прокопенко А. В., Хутыз А. М., Степков В. М. и др. Связь между диаграммой усталостного разрушения и кривой усталости // Проблемы прочности. — 1991. — № 11. — С. 38—44.
13. Столбин Г. Б. Выбор рационального метода расчета цепных передач на износ / В кн.: Новые конструкции, технология и специализация производства цепей / под ред. И. И. Ивашкова. — М.: ЦИНТИАМ, 1964. — С. 66—74.
14. Тихомиров В. М. Рост трещины при знакопеременном цикле нагружения // Прикладная механика и техническая физика. — 2008. — Т. 49. — № 5. — С. 190—198.
15. Фот А. П., Турыгин Ю. В. К выбору параметров пластин звеньев приводных роликовых цепей // Вестник ИжГТУ. — 2019. — Т. 22. — № 1. — С. 45—51.
16. Фот А. П., Каменев С. В., Тарова М. Ю. Номограммы для определения долговечности пластин звеньев приводных роликовых цепей // Интеллект. Инновации. Инвестиции. — 2017. — № 12. — С. 113—118.
17. Фот А. П., Крылова С. Е., Тарова М. Ю. О влиянии термической обработки на прочность пластин приводной роликовой цепи // Интеллект. Инновации. Инвестиции. — 2016. — № 5. — С. 125—129.
18. Фот А. П., Каменев С. В., Крылова С. Е. и др. Прогнозирование долговечности пластин звеньев приводных роликовых цепей // Вестник машиностроения. — 2019. — № 2. — С. 49—54.
19. Цепи высокого качества: каталог фирмы Rexnord Kette GmbH [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.inhydro.ru/docs/InHydro.Chains.pdf>.
20. Yakobus I., Setyanto D., Iskandar I. A New Design of Roller Chain 415 // International Journal of Applied Engineering Research, 2017, vol. 12, no. 14, pp. 4498—4501.
21. Jagtap M. D., Gaikwad B. D., Pawar P. M. Study of Roller Conveyor Chain Strip under Tensile Loading // International OPEN ACCESS Journal Of Modern Engineering Research (IJMER), 2014, vol. 4, no. 5, p. 66.
22. Wagner M., Koch T., Kuehne I., Frey A. Analysis of Static Stress in a Bicycle Chain Plate // Excerpt from the Proceedings of the 2015 COMSOL Conference in Grenoble.
23. Noguchi Sh., Nagasaki K., Nakayama S. and others. Static Stress Analysis of Link Plate of Roller Chain using Finite Element Method and Some Design Proposals for Weight Saving // Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing, 2009, vol. 3, no. 2, pp. 150—170.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

УДК 629.113

Ю. В. Баженов, канд. техн. наук, профессор, e-mail: bagenovv@mail.ru,

М. Ю. Баженов, канд. техн. наук, доцент, Владимирский государственный университет (ВлГУ), г. Владимир, e-mail: mikbazh@yandex.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Приведены результаты исследований по эксплуатационной надежности ЭСУД 1.6 VTi Tiptronic, устанавливаемых на выпускаемых в России автомобилях Peugeot, и диагностированию их технического состояния на предприятиях автосервиса. Обоснованы диагностические параметры и их нормативные значения, оценивающие техническое состояние ее подсистем. Предложена методика определения запаса исправной работы ЭСУД по значениям выбранных диагностических параметров. Для практической реализации представленной системы диагностирования разработана компьютерная программа расчета вероятности безотказной работы ЭСУД на заданной наработке. Система апробирована и внедрена в технологические процессы ТО и ремонта автомобилей дилерского центра "Авто Тракт Пежо".

Ключевые слова: электронная система управления, надежность, диагностирование, отказ, наработка, алгоритм.

Results of researches on operational reliability of EEMS 1.6 VTi Tiptronic established on the Peugeot cars released in Russia and to diagnosing of their technical condition in the enterprises of car service are given. The diagnostic parameters and their standard values estimating technical condition of its subsystems are proved. The technique of definition of a stock of correct work of EEMS on values of the chosen diagnostic parameters is offered. The computer program of calculation of probability of no failure of EEMS on the given operating time is developed for implementation of the presented system of diagnosing. The system is approved and introduced in technological processes of maintenance and repairs of cars of the dealer center "Auto Tract Peugeot".

Keywords: electronic control system, reliability, diagnostics, failure, operating time, algorithm.

Для управления работой узлов и агрегатов автомобиля, который представляет собой сложную техническую систему, все шире используются электроника и компьютерные технологии. В двигателе эту функцию выполняет электронная система (ЭСУД). Электронные устройства интегрированы в эту систему и управляют практически всеми рабочими процессами двигателя: топливоподачей, зажиганием, фазами газораспределения, приводом дроссельной заслонки, нейтрализацией и рециркуляцией отработавших газов и др. Замена механических устройств управления работой двигателя электронными устройствами не только повысила их надежность, но и позволила реализовать управление рабочими процессами на цикловом уровне. Это стало возможным благодаря применению быстродействующих микропроцессоров и сложных алгоритмов управления, которые учитывают большинство факторов, влияющих на рабочий процесс двигателя.

В процессе эксплуатации ЭСУД, как и в других системах автомобиля, неизбежно возникают различного рода повреждения (изнашивание,

загрязнение, старение, коррозионное разрушение контактов, разрушение изоляции и т. д.), которые приводят к серьезным нарушениям в работе двигателя, вплоть до полной потери им работоспособности. По выполненным на базе дилерского центра обслуживания автомобилей Peugeot (г. Владимир) исследованиям до 38 % отказов их двигателей происходит именно из-за повреждений конструктивных элементов ЭСУД.

Отказы конструктивных элементов ЭСУД могут быть классифицированы следующим образом:

1) отказы исполнительных устройств (топливная форсунка, бензонасос, регулятор холостого хода, электронная дроссельная заслонка, катушка зажигания, свеча зажигания и т. д.);

2) отказы датчиков (давления топлива в рампе, положения коленчатого вала, детонации, температуры охлаждающей жидкости и др.);

3) отказы контроллера (постоянного запоминающего устройства — ПЗУ, оперативного запоминающего устройства — ОЗУ, программного обеспечения и т. д.);

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

4) неисправности цепей соединения элементов системы (провода, предохранители, контакты массы, разъемы жгутов проводов).

В таблице приведены результаты обработки статистических данных по эксплуатационной надежности электронной системы ЭСУД 1.6 VTi Tiptronic, устанавливаемой на выпускаемых в России автомобилях марки Peugeot.

Анализируя результаты исследования, можно сделать вывод о том, что большинство отказов конструктивных элементов ЭСУД подчиняются нормальному закону распределения. Это связано с влиянием

на работу конструктивных элементов системы большого числа независимых факторов, ни один из которых не оказывает на них преобладающего влияния.

Все современные автомобили оборудованы системами бортовой самодиагностики технического состояния ЭСУД, которые обеспечивают контроль параметров ее работы. Выход параметров за установленные границы указывает на наличие неисправностей в работе системы и фиксируется в электронном блоке управления (ЭБУ), который представляет собой цифровой микропроцессор с функцией самодиагностики (рис. 1). Блок управ-

Результаты обработки статистических данных

Конструктивный элемент ЭСУД	Средняя наработка до отказа, тыс. км	Закон распределения	% от общего количества отказов
1. Топливный насос	119,3	Н	7,1
2. Топливный насос высокого давления (с регулятором давления топлива)	90,6	Н	9,4
3. Топливная форсунка	125,8	Н	5,3
4. Датчик давления топлива	185,3	Э	2,7
5. Турбокомпрессор	102,4	Э	4,3
6. Электромагнитный клапан аварийного сброса давления наддува	109,2	Н	1,7
7. Электромагнитный клапан регулирования давления наддува	94,5	Н	3,3
8. Электронная дроссельная заслонка	87,1	Н	8,5
9. Датчик давления наддува	156,5	Н	2,3
10. Электромагнитный клапан регулирования фаз ГРМ	70,7	Н	11,8
11. Электродвигатель системы изменения подъема клапанов ГРМ	127,4	Н	2,6
12. Датчик положения распределительного вала	194,7	Н	2,3
13. Датчик положения коленчатого вала	178,8	Н	1,1
14. Датчик кислорода	123,4	Н	10,8
15. Каталитический нейтрализатор	132,5	Н	5,5
16. Электронный термостат (с датчиком температуры охлаждающей жидкости)	179,5	Э	3,9
17. Электронасос охлаждения турбокомпрессора	101,3	Н	1,0
18. Электронная педаль газа	167,9	Э	1,2
19. Свеча зажигания	45,9	В	4,7
20. Катушка зажигания	102,1	Э	6,8
21. ЭБУД	119,8	Э	3,7
Примечание. Н — нормальный закон распределения; Э — экспоненциальное распределение; В — распределение Вейбулла.			

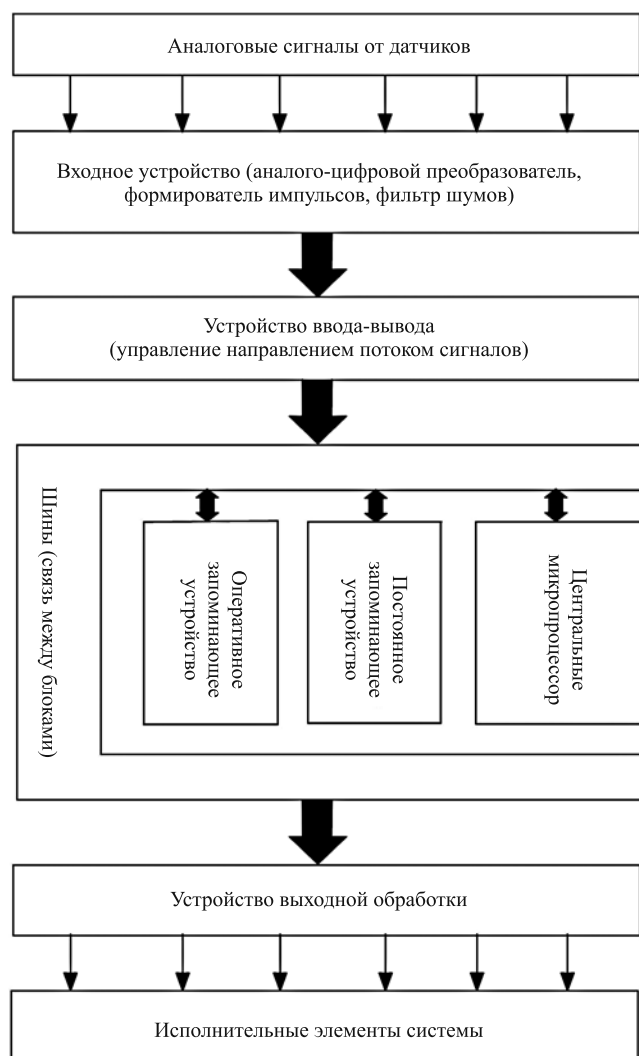


Рис. 1. Структурная схема электронного блока управления двигателем

ления постоянно контролирует работу конструктивных элементов ЭСУД и при возникновении какого-либо повреждения заносит в свою память код, соответствующий неисправности.

Следует, однако, отметить, что бортовая система самодиагностики не может выявить и локализовать возникающие в ЭСУД скрытые неисправности, она лишь фиксирует уже наступивший в системе отказ. Для уменьшения количества отказов, выявления скрытых в ЭСУД неисправностей необходимо проводить углубленное диагностирование технического состояния ее элементов с прогнозированием запаса их исправной работы на предприятиях автосервиса при каждом регламентном обслуживании автомобиля.

В принятых регламентах технического обслуживания (ТО) автомобилей как отечественного,

так и импортного производства операции контроля технического состояния элементов ЭСУД не предусмотрены. Это приводит к выпуску в эксплуатацию после проведения ТО автотранспортных средств, ЭСУД которых имеет не устраненные повреждения, что влечет за собой увеличение количества ее линейных отказов.

ЭСУД представляет собой сложную техническую систему автомобиля, включающую в себя большое число конструктивных элементов. Контролировать состояние каждого из них при проведении регламентных работ технического обслуживания автомобилей нецелесообразно, так как это приведет к большим материальным и трудовым затратам. Поэтому рекомендуется разбить ЭСУД на несколько подсистем, число которых определяется сложностью электронной системы и количеством составляющих ее элементов.

В данной работе выбранная в качестве объекта исследования электронная система ЭСУД 1.6 VTi Tiptronic разделена на четыре подсистемы, техническое состояние каждой из которых оценивается одним комплексным диагностическим параметром [3]:

- *питание топливом* — отклонением давления топлива в рампе $P_{дт}$;
- *подача воздуха* — отклонением давления воздуха во впускном коллекторе $P_{дв}$;
- *изменение фаз газораспределения* — отклонением положения фазорегулятора впускного распределительного вала $\varphi_{ГМ}$;
- *снижение токсичности отработавших газов* — коэффициентом коррекции топливоподачи $K_{КП}$.

Нормативные значения диагностических параметров, найденные по результатам экспериментальных исследований подсистем ЭСУД двигателя ЕР6ДТ, приведены в табл. 2. Исследования проводились на базе дилерского центра "Авто Тракт Пежо" г. Владимира в процессе выполнения ТО, ремонта и диагностирования электронных систем управления двигателем.

При диагностировании ЭСУД возможны различные варианты формирования диагноза. При отрицательном результате (ЭСУД неработоспособна) — заключение о конкретных отказах и неисправностях электронной системы. В случае положительного результата диагностирования, то есть когда система находится в работоспособном состоянии, желательно иметь информацию о запасе ее исправной работы, то есть возможной продолжительности эксплуатации ЭСУД от момента контроля до достижения ею предельного состояния.

В условиях эксплуатации диагностирование ЭСУД выполняют в основном при проведении регламентных (плановых) ТО автомобилей. В этом случае задача прогнозирования остаточного ресурса ЭСУД заключается в определении вероятности ее безотказной работы на наработке t_d , равной регламентной периодичности обслуживания автомобиля, которая не может быть ниже заданной величины R_d , называемой риском:

$$P_d(t_o \geq t_d) \geq R_d, \quad (1)$$

где P_d — допустимая вероятность безотказной работы; t_o — наработка до отказа; t_d — регламентная периодичность обслуживания автомобиля.

Если это условие выполняется, состояние диагностируемой системы обеспечит ее исправную работу до очередного ТО. Если же ЭСУД с вероятностью $1 - P(t) < R_d$ откажет в пределах наработки до выполнения очередного ТО, следует определить причину будущего отказа и провести ремонт или замену ненадежного элемента.

Вероятность безотказной работы ЭСУД зависит прежде всего от технического состояния ее конструктивных элементов, которое оценивается по значениям выбранных диагностических параметров $P_{дв}$, $P_{дт}$, $K_{кп}$, $\varphi_{км}$. В общем виде зависимость влияния диагностических параметров на вероятность безотказной работы ЭСУД может быть выражена с помощью уравнения регрессии:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4, \quad (2)$$

где y — параметр оптимизации в закодированном виде (вероятность безотказной работы ЭСУД); b_i — коэффициенты модели (весовые характеристики), учитывающие степень влияния i -го диагностического параметра на функцию отклика; x_i — кодированные значения выбранных для оценки состояния ЭСУД диагностических параметров.

Численные значения закодированных параметров (x_1, x_2, x_3, x_4) и коэффициенты (b_0, b_1, b_2, b_3, b_4), по которым можно судить о величине влияния каждого из них на параметр оптимизации, определяются с использованием методики планирования эксперимента [1, 5]. Исходными данными для расчета являются значения вероятностей возникновения отказов при различных сочетаниях независимых факторов, которые определяются по результатам статистической обработки экспериментальных данных, полученных в ходе выполнения исследования эксплуатационной надежности ЭСУД.

После определения значений коэффициентов уравнения регрессии и приведения ее членов в натуральном обозначении факторов зависимость влияния диагностических параметров на вероятность отказа ЭСУД примет вид:

$$F(t) = -72,4 + 0,55P_{дв} + 9,23P_{дт} + 8,97\varphi_{км} + 3,47K_{кп}.$$

Разработанная математическая модель позволяет определить расчетное значение вероятности возникновения отказа ЭСУД на заданной наработке (регламентной периодичности ТО) для каждого конкретного автомобиля. Например, при прохождении автомобилем Peugeot 508 технического обслуживания ТО-4 (наработка 80 тыс. км) были получены следующие значения комплексных диагностических параметров, оценивающих техническое состояние подсистем ЭСУД: $P_{дв} = 70$ мбар; $P_{дт} = 3$ бар; $\varphi_{км} = 3^\circ$; $K_{кп} = 4,7$.

Вероятность возникновения отказа ЭСУД $F(t)$ до выполнения очередного технического обслуживания автомобиля (ТО-5) при этих значениях диагностических параметров составит

$$F(t) = \frac{-72,4 + 0,55 \cdot 70 + 9,23 \cdot 3 + 8,97 \cdot 3 + 3,47 \cdot 4,7}{100 \%} = 0,37,$$

а вероятность ее безотказной работы $P(t) = 1 - F(t) = 0,63$.

Для элементов ЭСУД, не влияющих на безопасность движения автомобиля, допустимая вероятность безотказной работы принимается равной $R_d = 0,80$. Так как значение вероятности безотказной работы $P(t) < R_d$, ЭСУД данного автомобиля нуждается в углубленном диагностировании с целью выявления и локализации уже появившихся или прогнозируемых повреждений в ее подсистемах.

Диагностирование ЭСУД является одним из самых сложных видов работ при техническом обслуживании и текущем ремонте автомобиля, требующим от исполнителя знаний конструкций и работы таких систем, умения пользоваться диагностическим оборудованием и нормативной технической документацией. В процессе поиска и уточнения неисправностей ЭСУД персонал, осуществляющий диагностирование их технического состояния, обрабатывает значительный поток информации. В таких условиях в процессе диагностирования допускается большое количество ошибок, которые приводят к выпуску в эксплуа-

тацию прошедших ТО автомобилей, скрытые неисправности ЭСУД которых не были устранены.

Для практической реализации представленной методики разработана компьютерная программа расчета вероятности безотказной работы ЭСУД на заданной наработке по результатам диагностирования технического состояния ее подсистем. Программа написана с помощью стандартного пакета Microsoft Office (Microsoft Access) на языке программирования Visual Basic и предназначена для работы на персональном компьютере. Обязательными элементами программы являются базы данных о состоянии ЭСУД обслуживаемых на сервисном предприятии автомобилей, норматив-

ных и текущих значениях диагностических параметров, оценивающих ее техническое состояние, рекомендуемых технических воздействий по ТО и ремонту при отклонениях диагностических параметров от нормативных значений. Программа позволяет автоматизировать процесс принятия решения о необходимости проведения углубленного диагностирования ЭСУД и рациональную последовательность контрольных, регулировочных и других операций по устранению выявленных неисправностей в соответствии с алгоритмом (рис. 2).

Разработанная система диагностирования ЭСУД позволяет существенно снизить количество ее эксплуатационных отказов за счет своевременного выявления и устранения возникающих в ней повреждений, которые не были обнаружены системой бортовой диагностики автомобилей. До минимума сокращается выпуск в эксплуатацию автомобилей, скрытые неисправности ЭСУД которых не были устранены в процессе их обслуживания и которые проявляются при дальнейшей эксплуатации. Система апробирована и внедрена в технологические процессы ТО и ремонта автомобилей дилерского центра "Авто Тракт Пежо" г. Владимира.

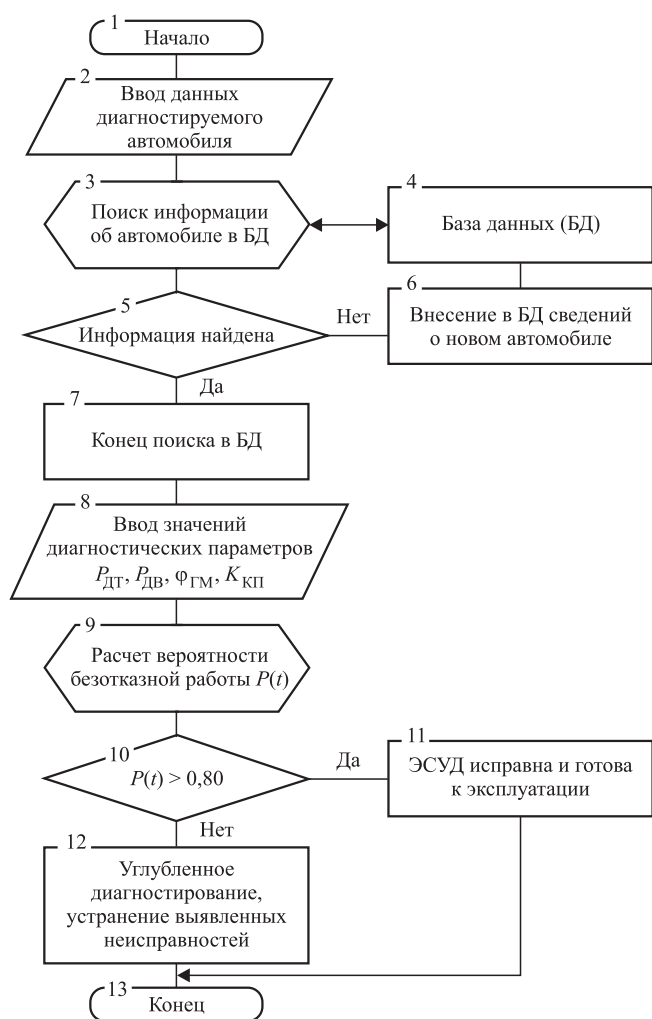


Рис. 2. Алгоритм работы программного комплекса диагностирования ЭСУД

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асатурян В. Н. Теория планирования эксперимента // Радио и связь. — М., 1983. — 248 с.
2. Баженов Ю. В. Основы теории надежности машин: учеб. пособие. — М.: Форум, 2017. — 320 с.
3. ГОСТ 27578—87. Техническая диагностика. Диагностирование изделий. Общие требования. — М.: Изд-во стандартов, 1988. — 20 с.
4. Гусев В. Г. Теория и практика планирования многофакторных экспериментов // Владимир: Изд-во Влад. гос. ун-та, 2010. — 107 с.
5. Мирошников Л. В., Болдин А. П., Пал В. И. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. — М.: Транспорт, 1977. — 263 с.
6. Набоких В. А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов: учеб. пособие. — М.: ФОРУМ, 2013. — 288 с.
7. Хернер А., Риль Х. Автомобильная электрика и электроника. — М.: За рулем, 2013. — 625 с.
8. Электронный портал производителя автомобилей PEUGEOT. SERVICE BOX [Электронный ресурс]. — URL: <https://servicebox.peugeot.com> (дата обращения: 02.03.2017).

УДК 621.791.3: 666.762.852

В. И. Кулик, канд. техн. наук, профессор, e-mail: victor.i.kulik@gmail.com,

А. С. Нилов, канд. техн. наук, доцент, Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, e-mail: alexey.s.nilov@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ ОСНАСТКИ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАЙКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Проведенный анализ имеющегося опыта применения автомобильных теплообменников (ТО) показал, что для высокотемпературных стальных ТО существует проблема создания надежной фиксирующей оснастки для реализации процессов пайки. Предложено для такой оснастки использовать волокнисто-армированные керамоматричные композиты (КМК) на основе SiC-матрицы. Был обоснован выбор наиболее экономически предпочтительного метода изготовления оснастки из КМК, основанного на процессах жидкофазного силицирования карбонизированного углепластика. Для этого метода был разработан конкретный технологический процесс изготовления фиксирующей оснастки для пайки ТО. Практическое применение опытной партии оснастки из КМК показало ее высокие эксплуатационные качества и эффективность по сравнению с оснасткой из стали и углеграфитовых материалов.

Ключевые слова: автомобильные пластинчатые теплообменники, керамоматричный композит, фиксирующая технологическая оснастка, высокотемпературная пайка, процессы жидкофазного силицирования, карбидокремниевая матрица, углеродные волокна.

The analysis of the existing experience in the use of automotive heat exchangers (TO) has shown that for high-temperature steel TO there is a problem of creating a reliable fixing equipment for the implementation of soldering processes. It is proposed to use fiber-reinforced ceramic matrix composites (CMC) based on the SiC matrix for such equipment. The choice of the most economically preferable method of manufacturing equipment from CMC based on the processes of liquid-phase silicification of carbonized carbon fiber was justified. For this method, a specific technological process was developed for manufacturing fixing equipment for soldering TO. The practical application of the experimental batch of equipment from KMC showed its high performance and efficiency in comparison with equipment made of steel and carbon-graphite materials.

Keywords: automotive plate heat exchangers, ceramic matrix composite, fixing technological equipment, high-temperature soldering, liquid-phase silicification processes, silicon carbide matrix, carbon fibers.

Конструкция современной автомобильной и тракторной техники предполагает наличие в ней различных систем охлаждения двигателя внутреннего сгорания, трансмиссии, гидроприводов и др. Перегрев смазочно-охлаждающих жидкостей чреват серьезными проблемами — изменяется вязкость масла, повышается интенсивность его выгорания и разложения и в целом ухудшаются его рабочие характеристики. Перегретое масло не обеспечивает качественную смазку трущихся деталей, а также усложняет охлаждение двигателя, трансмиссии, а это уже может привести к разнообразным поломкам данных агрегатов вплоть до их заклинивания.

Отвод избыточного тепла рабочего масла осуществляется с помощью различного типа воздушных, жидкостно-масляных или водомасляных те-

плообменников (радиаторов). Конструктивно они могут быть кожухотрубные, элементные (секционные), двухтрубные типа "труба в трубе", витые, ребристые, спиральные, пластинчатые, пластинчато-ребристые и др.

При выборе между пластинчатыми и кожухотрубными теплообменниками (ТО) предпочтительными являются пластинчатые, коэффициент теплопередачи которых более чем в три раза больше, чем у традиционных кожухотрубных [1]. Коэффициент полезного действия пластинчатых теплообменников составляет 90—95 %, а занимаемая площадь в 3—4 раза меньше, чем для кожухотрубных [2]. Этот тип теплообменников относится к числу наиболее компактных аппаратов благодаря развитой поверхности теплообмена в ограниченном объеме ТО. Особенностью этих

теплообменников является высокое отношение поверхности теплоотдачи к единице объема, которое может достигать $6000 \text{ м}^2/\text{м}^3$ и более. Для сравнения: компактность гладкотрубчатого ТО с трубами диаметром 6—12 мм составляет порядка $250 \text{ м}^2/\text{м}^3$. По этой причине пластинчато-ребристые теплообменники обычно называют компактными теплообменниками [3].

До начала 1980-х гг. радиаторы для пассажирских и грузовых автомобилей делали из меди и латуни. Сейчас алюминиевые сплавы заметно оттеснили эти материалы, применяемые при изготовлении автомобильных ТО. Как отмечается в работе [4], в мире сейчас более 60 % автомобилей имеют алюминиевые радиаторы (в США более 80 %, в Европе 87—90 %). Вместе с тем современные тенденции развития автомобильной (грузовых, карьерных, легковых машин бизнес-класса, спорткаров, внедорожников) и тракторной техники связаны с повышением их энерговооруженности, что требует обеспечить передачу большой тепловой мощности через ТО. В связи с этим в такого рода автотракторной технике получают развитие высокоэффективные одно-, двух- и многоходовые меднопаяные пластинчатые теплообменники с пластинами из нержавеющей стали (марок 12Х13, 20Х13, 12Х18Н9, 08Х18Н10, 12Х18Н10Т и др.), обеспечивающие возможность работы с теплоносителями с высокими давлениями и температурами, а также высокую производительность при небольшой доступной площади для размещения (рис. 1) [5]. И хотя теплообменники на основе пластин из нержавеющей стали имеют несколько меньший коэффициент теплопроводности, чем алюминиевые, зато такие ТО имеют очень высокую коррозионную стойкость при контакте с различного рода маслами и охлажда-

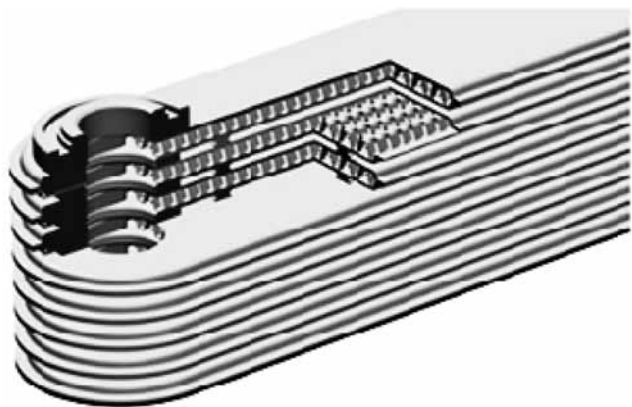


Рис. 1. Однопроходной меднопаяный пластинчатый ТО (в разрезе) на основе пластин из нержавеющей стали

дающими жидкостями, более высокую прочность при воздействии механических (статических и динамических) и тепловых нагрузок.

При создании конструкции и технологии изготовления различного рода теплообменников, в том числе и автомобильных, основной задачей является повышение надежности их работы. При этом большинство отказов, как правило, происходит из-за нарушения герметичности и прочности соединения деталей ТО. Эти проблемы во многом решаются при использовании в технологическом процессе изготовления теплообменников операции высокотемпературной пайки.

Теплопередающая поверхность (матрица) пластинчатых теплообменников представляет собой многослойную объемную конструкцию, детали которой могут быть изготовлены из материала толщиной от 0,03 мм до нескольких миллиметров. Соединение между собой элементов теплообменника связано с получением большого числа паяных швов значительной протяженности, основная часть которых находится внутри конструкции. Это предопределяет использование пайки как основного метода изготовления пластинчатых теплообменников [6].

Традиционно пайку теплообменников из коррозионностойкой стали проводят в печах с восстановительной средой или в проточных нейтральных газах с введением газообразных флюсов, под флюсом или в вакууме (инертной среде). Для пайки используются в качестве припоев главным образом медь (температура пайки $1100 \text{ }^\circ\text{C}$), серебросодержащие (температура пайки до $900 \text{ }^\circ\text{C}$) и марганецсодержащие припои на медной или никелевой основе (температура пайки $1150 \text{ }^\circ\text{C}$). Пайка медью осуществляется с помощью или фольги, или плакирования медью ленты из нержавеющей стали. При этом, как отмечается многими авторами, вакуумная пайка обеспечивает более высокое качество спая [6, 7].

Для повышения экономичности процесса пайки, особенно для малоразмерных ТО, очень важен показатель коэффициента заполнения полезного объема печи. Поэтому радиаторы перед пайкой размещают в печах, либо на стеллажах, либо в штабелеванном виде с использованием специальной фиксирующей оснастки (рис. 2) [8].

Для второго варианта важным условием является то, чтобы промежуточные приспособления для фиксации радиаторов под пайку стыковались друг с другом и обеспечивали бы заданное положение каждого следующего радиатора в собираемом блоке. Кроме того, сами фиксирующие

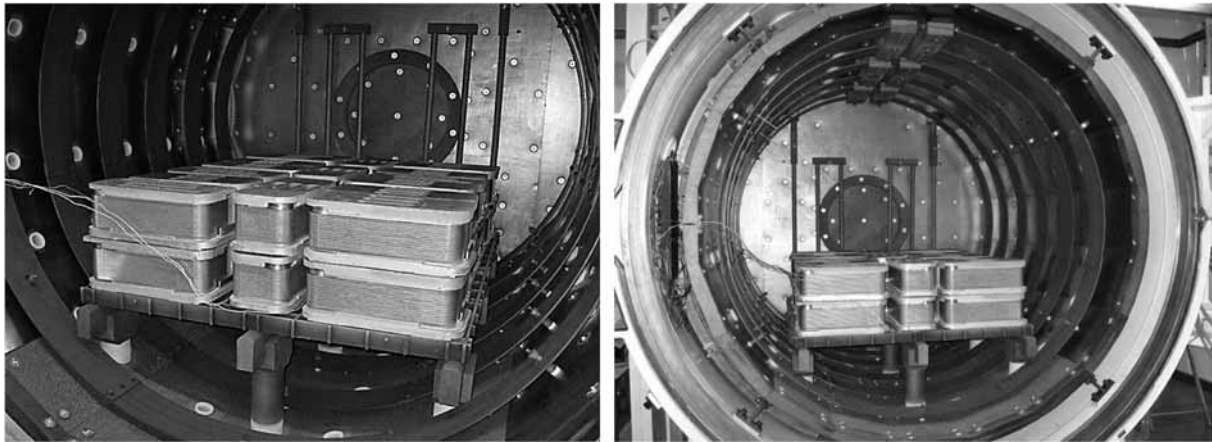


Рис. 2. Использование фиксирующей оснастки в высокотемпературных процессах пайки теплообменников

приспособления не должны влиять на геометрические размеры радиаторов при пайке, то есть обладать низким коэффициентом термического линейного расширения (КТЛР).

В качестве жаростойких материалов для изготовления технологических приспособлений для пайки ТО могут использоваться жаростойкие легированные стали, углеграфитовые материалы, монокристаллическая керамика, керамоматричные композиционные материалы (КМК).

При этом одним из перспективных материалов для изготовления технологической оснастки для высокотемпературных процессов являются волокнисто-армированные КМК с карбидокремниевой матрицей. Эти материалы могут быть использованы там, где, например, легированные стали не могут быть использованы по причине их недостаточной термостойкости, а углеграфитовые материалы — вследствие их низкой прочности и высокой хрупкости.

Достоинствами данных материалов для технологической оснастки в высокотемпературных процессах по сравнению с традиционно используемыми для этих целей материалами на основе легированных сталей, углеграфита и монокристаллической (неармированной) керамики являются:

- возможность использования оснастки при температурах процесса в вакууме более 2000 К, что недостижимо для материалов на основе стали;
- более высокая стойкость к ударным механическим и температурным нагрузкам по сравнению с неармированными углеграфитовыми и керамическими материалами, что значительно увеличивает срок эксплуатации оснастки;

- отличные теплофизические характеристики — высокая теплопроводность, низкий коэффициент термического расширения.

В данной работе приведены результаты конструкторско-технологического проектирования и изготовления опытной партии технологической оснастки из КМК с SiC-матрицей, армированной углеродными волокнами, для пайки стальных теплообменников двигателей для автотранспорта.

Важнейшая проблема практического применения КМК заключается в разработке экономически эффективной технологии их получения. Как правило, производство изделий из КМК представляет собой сложный и длительный процесс, основная стадия которого — уплотнение волокнистых каркасов (преформ) и пористых сред матричным материалом. Именно на этой стадии во многом формируется комплекс микроструктурных и эксплуатационных характеристик КМК. Принципиально КМК с SiC-матрицей могут быть получены с помощью различных жидко- и газопарофазных методов [9].

В данной работе в качестве базового метода для изготовления технологической оснастки из КМК был принят метод, основанный на процессах жидкофазного силицирования LSI (Liquid Silicon Infiltration). В процессе LSI волокнистая преформа сначала насыщается тем или иным способом углеграфитовым материалом. Затем при температуре выше 1450 °С жидкий кремний под действием капиллярных сил и внешнего давления инфильтруется в пористую заготовку. В результате химического взаимодействия между расплавом кремния и углеграфитовым материалом по реакции $Si(l) + C(s) = SiC(s)$ образуется конечный продукт — плотная SiC-матрица. В настоящее

время метод LSI является наиболее коммерчески привлекательным [10].

Технологические процессы LSI по сравнению с другими методами получения КМК обладают рядом достоинств: доступное и недорогое сырье; относительно простое технологическое оборудование для его реализации; экономическая эффективность процесса, обусловленная его небольшой продолжительностью и компактностью, с возможностью реализации нескольких стадий в одном цикле термообработки; возможность изготовления изделий в широком диапазоне размеров и форм; высокая относительная плотность получаемого практически беспористого материала (95–99 %) и, как следствие, его достаточно высокая герметичность и теплопроводность.

Применительно к волокнисто-армированным КМК эта жидкофазная технология имеет несколько модификаций, отличающихся прежде всего способом введения в волокнистый каркас углеродного наполнителя. Наиболее часто встречаются две модификации [9]: 1) пропитка армирующего материала суспензией, содержащей углеграфитовый порошок; 2) пропитка волокнистого каркаса полимерным связующим с последующей карбонизацией связующего и образованием в межволоконном пространстве кокса — углеродной матрицы, то есть получение полуфабриката на основе углерод-углеродного композиционного материала (УУКМ).

Более предпочтительной с точки зрения возможности практической реализации является

вторая модификация, технологическая схема которой приведена на рис. 3. Данный процесс можно разделить на три основные стадии: 1) получение углепластикового композита с полимерной матрицей, имеющей при пиролизе высокий массовый выход кокса, для этого, как правило, коммерчески доступны фенольные смолы, используемые для изготовления полуфабрикатов традиционными для полимерных композитов методами; 2) пиролиз углепластикового композита в инертной атмосфере (например, азота) или в вакууме при температуре выше 900 °С для преобразования полимерной матрицы в аморфный углерод (образование УУКМ), приводящий к уменьшению объема полимера примерно на 50–75 %; 3) заполнение микротрещин пористой заготовки расплавом кремния с образованием матрицы, состоящей из остаточного углерода, карбида кремния и некоторого количества непрореагировавшего кремния.

КМК, получаемые по этой технологии, могут иметь различные структуры, полученные либо послойной укладкой ткани или однонаправленных слоев, либо хаотичным армированием из волокон различной длины. Надо отметить, что применение технологии прессования хаотично армированных заготовок позволяет значительно удешевить и упростить производство деталей различного назначения. Кроме того, такие квазиизотропные КМК имеют более высокую теплопроводность в направлении, перпендикулярном поверхности прессования, по сравнению с орто-



Рис. 3. Схема процесса получения КМК с SiC-матрицей методом силицирования карбонизированного углепластика

тропными структурами на основе тканей и однонаправленных лент.

Конкретная реализация данной схемы технологического процесса основывалась на результатах, приведенных в работе [11] по разработке способа получения волокнисто-армированного углерод-карбидокремниевом КМК. В работе предложена двухэтапная пропитка: на первом этапе низковязким связующим, которое проникает внутрь пучков УВ, а на втором — более вязким связующим, которое остается на поверхности пучков. Такая схема, с одной стороны, создает защитную коксовую оболочку на пучках УВ перед этапом силицирования, а с другой — обеспечивает совместность работы единичных микроволокон в пучках через связь с полученной углеродной матрицей, что способствует повышению механических характеристик конечного КМК.

В соответствии с регламентом данного технологического процесса углеволокнистая лента марки ЛУ предварительно пропитывалась спиртовым раствором бакелитового лака ЛБС-1, сушилась в течение 24 часов, а далее нарезалась в виде мелкой сечки длиной волокон 5—10 мм.

Полученные таким образом дисперсные пучки углеродных волокон смешивались в смесителе типа "пьяная бочка" с порошковыми наполнителями — технической сажой, порошками SiC и пульвербакелитом в следующей пропорции (по массе):

- углеродные волокна — 17 %;
- техническая сажа — 12 %;
- пульвербакелит — 8 %;
- порошки SiC с различной зернистостью — 63 % (500 мкм — 70 %, 150 мкм — 15 %, 50 мкм — 10 %, 5 мкм — 5 %).

Для формования хаотично армированного углепластикового полуфабриката из полученной массы, состоящей из коротких отрезков углеродного армирующего полуфабриката и порошковых наполнителей, использовался метод горячего прессования, когда порция смеси укладывалась в металлическую пресс-форму (рис. 4), а затем проводилась операция прессования в прессе с обогреваемыми плитами и полимеризация связующего при температурах 150—160 °С.

В результате получается углепластиковый полуфабрикат с различной по составу и распределением полимерной матрицей — внутри пучков волокон образуется полимерная матрица только на основе отвержденного фенолоформальдегидного связующего, а в межпучковых пространствах армирующего каркаса — полимерная матрица, дополнительно содержащая наполнитель из смеси порошков углерода и карбида кремния.

Высокотемпературные операции карбонизации (900—1100 °С) и силицирования (1700—1750 °С) проводились в электровакуумных печах.

Окончательная механическая обработка верхней и нижней пластин оснастки проводилась для плоскостей на плоскошлифовальном станке алмазными дисками на металлической связке зернистостью 125/100, а сквозных и глухих отверстий — на фрезерном станке шарошками с алмазным покрытием.

Общий вид технологической оснастки (до окончательной механической обработки) для высокотемпературной пайки однопроходного теплообменника приведен на рис. 5.

Сборка технологической оснастки с заготовкой однопроходного теплообменника показана на рис. 6.

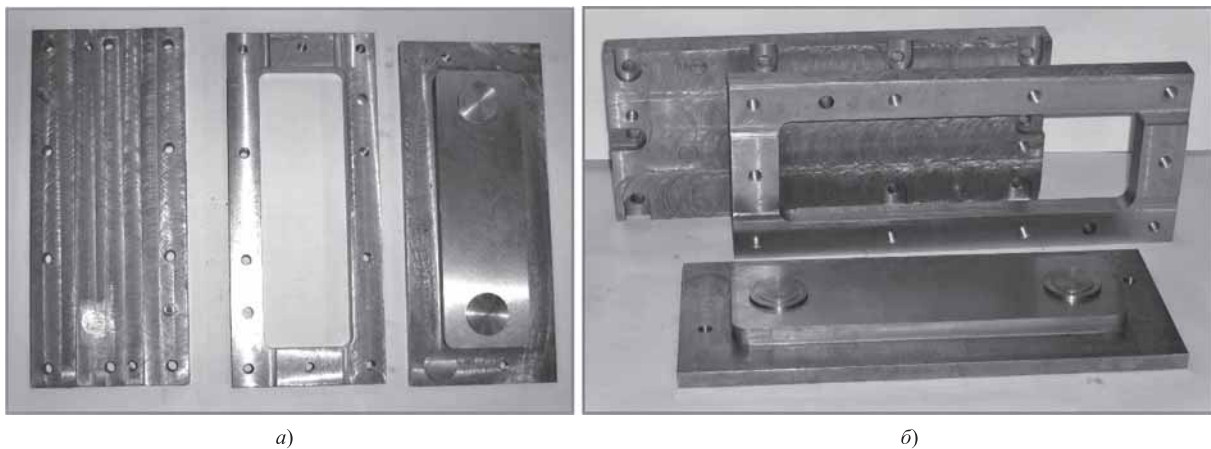


Рис. 4. Детализовка пресс-форм для формования нижней (а) и верхней (б) пластин технологической оснастки из КМК



Рис. 5. Общий вид полуфабриката технологической оснастки из КМК нижней (а) и верхней (б) пластин (размер пластин 279S87S14 мм)

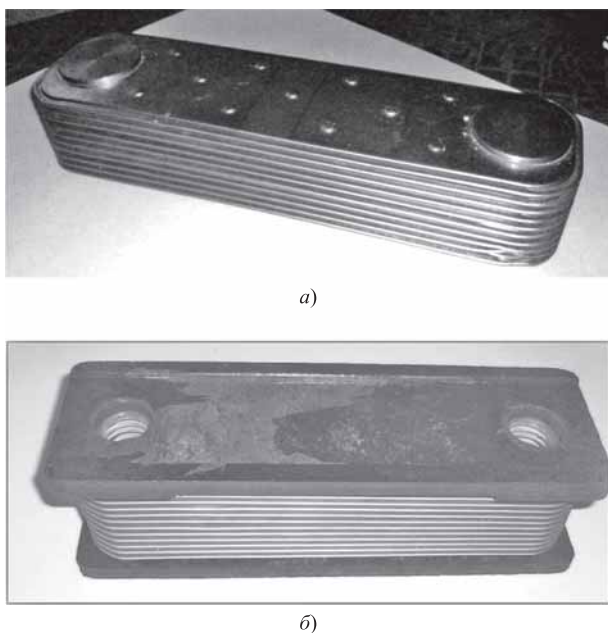


Рис. 6. Заготовка однопроходного теплообменника (а) и сборка технологической оснастки с заготовкой теплообменника (б)

Таким образом, в результате проведенных исследований был обоснован выбор наиболее экономически предпочтительного метода изготовления из КМК элементов технологической оснастки для высокотемпературной пайки ТО, основанного на процессах жидкофазного силицирования карбонизированного углепластика. Разработанный для этого метода конкретный технологический процесс был использован для изготовления опытной партии технологической оснастки, практическое применение которой показало ее высокие эксплуатационные качества и эффективность по сравнению с оснасткой из стали и углеграфитовых материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Исследование** работы теплообменного аппарата при имитационном моделировании: Методическое пособие к лабораторной работе / Авт.-сост. Г. А. Дрейцер. — М.: Изд-во МАИ, 2001. — 34 с.
2. **Справочник** по теплообменникам: в 2-х т. / Пер. с англ.; под ред. Б. С. Петухова и В. К. Шикова. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — Т. 1, 560 с. Т. 2, 352 с.
3. **Теплообменные** аппараты: учеб. пособие / Б. Е. Байгалиев, А. В. Щелчков, А. Б. Яковлев, П. Ю. Гортышов. — Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. — 180 с.
4. **Грушко О. Е.** Аллюминиевые сплавы для радиаторов // ВИАМ 2006/204647 [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.viam.ru/public>.
5. **RAAL.** Complete cooling solutions [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.raal.ro/download/RAAL-Technic.pdf>.
6. **Карабанов В. В., Бохоров И. О.** Пайка теплообменников // Сборка в машиностроении, приборостроении. — 2014. — № 4. — С. 30—48.
7. **Радзиевский В. Н., Кирик Г. В., Ткаченко Г. Г.** Особенности изготовления стальных пластинчато-ребристых теплообменников с применением высокотемпературной пайки // Компрессорное и энергетическое машиностроение. — 2010. — № 1. — С. 36—40.
8. **Titus W. J.** Vacuum furnace material handling: a cellular integration // In Heat treating: including steel heat treating in the new millennium: Proceeding of the 19th Conference "Heat treating" 1—4 November 1999, Cincinnati, Ohio: by ed. S. J. Midea, G. D. Plaffmann, 2000. — P. 168—170.
9. **Современные** технологии получения волокнисто-армированных композиционных материалов с керамической огнеупорной матрицей (Обзор) / А. П. Гаршин, В. И. Кулик, С. А. Матвеев, А. С. Нилов // Новые огнеупоры. — 2017. — № 4. — С. 20—35.
10. **Гаршин А. П., Кулик В. И., Нилов А. С.** Анализ современного состояния и перспектив коммерческого применения волокнисто-армированной карбидокремниевой керамики // Новые огнеупоры. — 2012. — № 2. — С. 43—52.
11. **Патент РФ № 2337083.** Способ получения волокнисто-армированного углерод-карбидокремниевый композиционного материала / Ю. В. Загашвили, В. И. Кулик, А. В. Кулик и др. Опубликовано: 27.10.2008.

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК 656.03

Р. Ф. Илдарханов, канд. техн. наук, доцент, e-mail: rfanis@mail.ru,

Д. И. Нуретдинов, канд. техн. наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Россия, г. Набережные Челны, e-mail: nuretddamir@yandex.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ЗА ПРОЕЗД ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ

В данной статье представлен анализ опыта зарубежных стран по разработке системы оплаты за проезд грузового транспорта, представлены рекомендации для совершенствования подхода к определению размера оплаты в зависимости от весовых параметров грузового автомобиля.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, масса автомобиля, система оплаты проезда.

This article presents an analysis of the experience of foreign countries in developing a system of payment for the passage of freight vehicles, provides recommendations for improving the approach to determining the amount of payment depending on the weight parameters of the truck.

Keywords: truck, car weight, the system of payment for travel.

Цель исследования: применение дифференцированного подхода к определению размера оплаты за проезд грузовых автомобилей по федеральным дорогам на территории Российской Федерации.

С 15 ноября 2015 г. в России появилась система "Платон", именно на эту новую систему и приходится основная часть нагрузки как для частных лиц, так и для организаций, владеющих большегрузными автомобилями. С помощью системы "Платон" введен дополнительный сбор с автотранспорта массой, превышающей 12 т, передвигающегося по федеральным трассам. В России суммарная протяженность дорог составляет более 500 тыс. км, федеральные трассы составляют около 10 %.

Самым главным недостатком абсолютно всех систем оплаты за передвижение по дорогам грузового автотранспорта в России является то, что отсутствует учет веса груза, который перевозит автомобиль. Этот вес необходимо учитывать при расчете тарифа, потому что именно масса груза в большей степени влияет на нанесение вреда дорожному покрытию, чем собственный вес грузового автомобиля. На сегодняшний день ни одна из существующих систем оплаты за использование дорог в России и в странах Евросоюза не имеет учета веса грузовика суммарно с грузом.

Следовательно, обнаружена проблематика имеющих систем взимания дорожных сборов, а также актуальность и необходимость их модернизации.

В странах Европы на сегодняшний день существуют три базисные системы взимания дорожных сборов.

1. Временные системы (user charge — "евровиньетки"). Данная система используется в Бельгии, Дании, Люксембурге, Нидерландах, Швеции еще с 1995 г. "Евровиньетки" — это не что иное, как наклейки особого назначения на лобовое стекло на определенный период времени (от одного дня до года), которые дают право пользоваться автомагистралями на территории тех государств, которые заключили данное соглашение. Разграничение платежей зависит от экологического класса автомобиля, количества осей.

2. Дистанционная матричная система. При въезде/съезде на всякий платный участок дороги установлены касса, принимающая оплату, и шлагбаум. Матричная система оплаты применяется в Греции, Испании, Италии, Португалии и Франции.

3. Система, основанная на пройденном расстоянии (toll). Данная система оплаты дорог применяется в Австрии, Германии и Швейцарии к грузовикам массой свыше 3,5 т. Следует учесть, что

в Германии и Швейцарии при оплате учитывается также экономический класс автомобиля. Созданная российская система "Платон" образовывалась по аналогии с этой методикой.

Вступление в силу этой системы в России привело к уменьшению пробега тяжелых грузовиков, который на протяжении тридцати предшествующих лет непрерывно возрастал. Транспортные и логистические компании совершали дополнительные усилия по увеличению эффективности и совершенствованию своей работы: началась работа по улучшению экологических характеристик эксплуатируемых автомобилей, существенно сократились холостые пробеги, а также было осуществлено перенаправление потоков автотранспорта в пользу дорог, на которых не взимается плата, а это способствовало разгрузке основных транспортных магистралей.

При подготовке законопроекта о введении платы для возмещения вреда федеральным дорогам в России тоже рассматривался вариант использования "виньеток". Причиной отказа от него стали опасения появления поддельных "виньеток", а также невозможность дальнейшей интеграции в электронные системы учета дорожного трафика. В результате был выбран самый прогрессивный, но в то же время дорогостоящий и сложный вариант — оплата по километражу.

При создании системы учитывалось дальнейшее ее расширение как на новые вводимые в эксплуатацию федеральные автодороги, так и на некоторые региональные автодороги. Также система благодаря использованию информационных технологий рассчитана на дальнейшую ее модернизацию. Например, такую, как введение градации тарифов в зависимости от разных факторов.

Контроль внесения платы осуществляется системами стационарного и мобильного контроля.

Система контроля служит для подтверждения получения денег за использование платных дорог. За техническую сторону отвечает оператор — компания ООО "РТ-Инвест Транспортные системы". Контроль над прохождением грузовых автомобилей в системе "Платон" осуществляют с помощью мобильных пунктов контроля либо стационарных устройств, установленных на дорогах (П-образные опоры — ворота или контрольные рамки). Для автоматического контроля используются бортовые устройства, установленные на грузовом автомобиле, и контрольные рамки над дорогой с установленными видеокамерами, инфракрасными приемниками и лазерными датчиками.

Введение принципа градации тарифов по весовому признаку не требует никакой модернизации существующего оборудования, используемого в системе, ни использования нового. Достаточно разделить транспортные средства на группы по весовым параметрам и определить коэффициенты, применяемые к начальному тарифу для каждой группы ТС. Введение же принципов расчета тарифов, основанных на фактической массе ТС, требует от системы модернизации как в плане технического обеспечения, так и в обработке поступающих данных.

Введение коэффициентов, служащих для начисления тарифа, на каждый автомобиль в зависимости от его фактической массы требует осуществления постоянного контроля над весовыми параметрами автомобиля на любом отрезке пути, проходящем по автомобильным дорогам федерального значения.

В последние три года на дорогах России начинают внедряться системы предварительного весового и габаритного контроля (СПВК) без торможения транспортного потока. Используют их во всем мире пока только для предварительного выявления потенциальных нарушителей (селекции). Устанавливается такая система, как правило, за 0,5...3 км перед стационарным постом весового контроля, на контрольных весах которого осуществляется поочередное взвешивание ТС традиционным методом.

Для организации регистрации данных о фактической массе транспортных средств необходимо установить на автомобиль бортовую систему взвешивания. На раму автомобиля, а точнее между рамой и грузоприемной платформой, устанавливаются тензодатчики. Сигналы с тензодатчиков соединяются через клеммную коробку и передаются по кабелю на весовой терминал, который реализован микропроцессорным блоком. Сигнал с тензодатчиков обрабатывается на весовом терминале и выдается на дисплей модуля отображения и индикации. Сам весовой терминал, как правило, устанавливается в кабине транспортного средства. С весового терминала информацию о весе груза можно сохранить на запоминающее устройство или передать на сервер с помощью GSM-модулей.

Существенной отличительной чертой предложенной системы является введение в эксплуатацию бортовых устройств с тензодатчиками, которые отправляют данные не только о пробеге автомобиля, но и о фактической массе транспортного средства.

Тарифы взимания платы в зависимости от массы ТС

Порядковый номер группы грузовых ТС	Максимально разрешенная масса ТС	Размер сбора, руб./км
1	АТС от 3,5 до 8,0 т	0,16
2	АТС от 8,0 до 14,0 т	0,29
3	АТС от 14,0 до 20,0 т	1,23
4	АТС от 20,0 до 44,0 т	3,73

Взимание оплаты за проезд производится в зависимости не от полной массы, а от фактической с учетом класса экологичности. Таким образом, груженный автомобиль оплатит больше, а порожний меньше, так как наносит меньше вреда экологии и дорожному полотну.

Данная система выполнена по прототипу подобной системы в Германии, за исключением того, что градация платежей идет в зависимости от количества осей, а не массы.

В таблице представлены тарифы взимания платы в зависимости от массы ТС.

К полученным тарифам при необходимости также могут применяться понижающие коэффициенты. Предложенная градация тарифов реализуется без внедрения дополнительных технических средств контроля на маршруте и бортовых систем регистрации. Градация проводится на основании информации о транспортном средстве, подаваемой владельцем ТС при регистрации в системе. Интерфейс используемых БУ позволяет отображать тип ТС. Преимущества данной методики градации:

- более благоприятные условия для перевозчиков, использующих транспортные средства с меньшей полной массой;

- справедливое распределение финансовой нагрузки по возмещению вреда, причиняемого дорожной инфраструктуре (платит больше тот, кто наносит больше вреда);

- низкая стоимость предлагаемого метода градации тарифов (отсутствует необходимость в больших капиталовложениях в систему).

Основной недостаток предлагаемого метода — отсутствие возможности учитывать массу груза, перевозимого транспортным средством.

Решить данную проблему возможно при изменении способа расчета тарифа на вариант, при котором будет учитываться фактическая масса ТС. Техническое обеспечение регистрации данных о пробеге автомобиля и весовых данных,

а также техническое обеспечение контроля были рассмотрены выше. Теперь будет предложен метод расчета тарифов. Предлагается ввести динамический коэффициент, который будет рассчитываться по формуле:

$$k_d = Q_{\text{ф}}/Q_{i\text{max}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{ф}}$ — фактическая масса ТС, т; $Q_{i\text{max}}$ — максимальная масса ТС для i -й группы, т.

Тариф для автомобиля в зависимости от его фактической массы будет рассчитываться по формуле:

$$T'_i = T_i \times k_d, \quad (2)$$

где T_i — тариф для i -й группы, руб.

Как видно из рисунка, тариф для ТС в рамках определенной группы может отличаться до двух раз. Этот фактор имеет большое значение для ТС:

- перевозящих груз в один конец, таких как самосвалы, автопоезда, цистерны, ТС во время уборочных работ и т. д.;

- имеющих существенные нулевые пробеги по дорогам федерального значения;

- перевозящих легкие грузы (при маленьком коэффициенте использования грузоподъемности).

Внедрение системы обеспечивает принцип справедливости при взимании платы за проезд по федеральным автомобильным дорогам за счет введения градации тарифов. То есть за вред, нанесенный дороге, платит больше тот, кто больше всего этого вреда наносит.

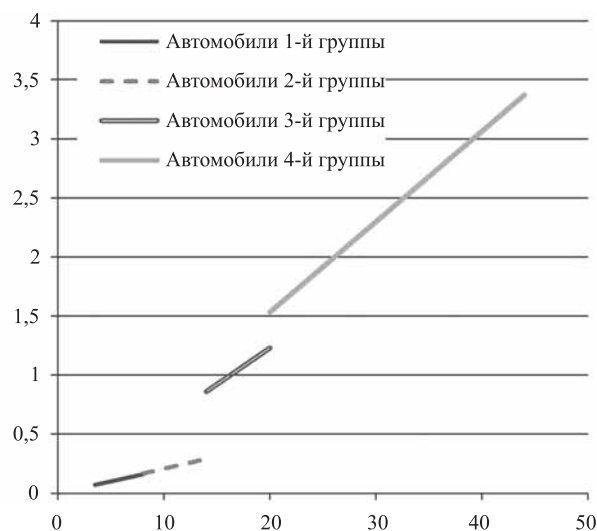


Рис. 1. Графическое изображение зависимости тарифов от фактической массы по группам ТС

Ожидается следующий положительный результат от модернизации технического обустройства системы взимания платы:

- дополнительное финансирование дорожной отрасли;
- улучшение качества дорожного покрытия;
- дополнительное развитие транспортной инфраструктуры компаний, которые смогут экономить на своих издержках, связанных с перевозкой;
- повышение безопасности дорожного движения;
- введение более тонкой градации для большегрузных автомобилей;
- снижение цен, вызванных снижением расходов в транспортной цепи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Илдарханов Р. Ф.** Анализ вариантов финансирования приобретения подвижного состава / Р. Ф. Илдарханов, А. А. Бугуев, Д. М. Ардуганов, А. Н. Гимазетдинов // Перспективы науки. — Тамбов: ТМБпринт, 2015. — № 4 (67). — С. 163–166.
2. **Илдарханов Р. Ф.** Выбор подвижного состава для международных автомобильных перевозок: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р. Ф. Илдарханов. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. — 132 с.
3. **Илдарханов Р. Ф.** Особенности расчета экономической эффективности подвижного состава в международных автомобильных перевозках / Р. Ф. Илдарханов // Глобальный научный потенциал. — СПб.: ТМБпринт, 2015. — № 3 (48). — С. 120–123.
4. **Илдарханов Р. Ф.** Оценка качества автомобилей / Р. Ф. Илдарханов, А. А. Бугуев, А. С. Захаров, Е. С. Попов // Наука и бизнес: пути развития. — М.: ТМБпринт, 2015. — № 4 (46). — С. 96–99.
5. **Илдарханов Р. Ф.** Разработка методики оценки конкурентоспособности подвижного состава. — Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 150 с.
6. **ГОСТ 30414–96.** Весы для взвешивания транспортных средств в движении.
7. **ГОСТ Р ИСО 17573–2014.** Электронный сбор платежей. Архитектура систем для взимания платы за проезд транспортных средств.
8. **Постановление** Правительства РФ от 14.06.2013 № 504 "О взимании платы в счет возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам общего пользования федерального значения транспортными средствами, имеющими разрешенную максимальную массу свыше 12 тонн" (с изменениями и дополнениями).
9. **Постановление** Правительства РФ от 15.04.2011 № 272 "Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом".

Конструкторы "КАМАЗа" встретились с испытателями грузовиков К5

На "КАМАЗе" состоялась встреча с представителями компании "ТЕМПО-Логистик", принявшей в подконтрольную эксплуатацию десять новейших автомобилей КАМАЗ-54901 — первой модели поколения грузовиков К5.

Мероприятие провел главный конструктор ПАО "КАМАЗ" — директор Научно-технического центра (НТЦ) Евгений Макаров. Конструкторский коллектив НТЦ также представляли заместитель главного конструктора по автомобилям Игорь Валева, главный конструктор по двигателям Андрей Куликов, главный конструктор по автомобильным агрегатам Александр Лычагов. В делегацию ООО "ТЕМПО-Логистик" вошли управляющий компании Ильшат Вахитов и водители Максим Калинин и Сергей Дементьев.

У конструкторов и испытателей общая цель — довести КАМАЗ-54901 до совершенства. В рамках беседы профессионалы обсудили ходовые свойства флагмана поколения К5, характер двигателя, особенности интерьера и экстерьера, работу системных и автономных агрегатов. Впечатления в целом положительные.

С июля 2019 г. тестируемые магистральные тягачи поколения К5 проехали 554 тыс. км — от Санкт-Петербурга до Кокшетау и Дальнего Востока. В рабочем порядке поддерживается непрерывная связь водителей с конструкторами НТЦ посредством системы ИТИС, поступающая информация аккумулируется и анализируется.

"Такая встреча нужна, в первую очередь, нам для подведения итогов работы, — прокомментировал новый формат Евгений Макаров. — В целом, я удовлетворен полученной обратной связью, радует, что потребителю машина нравится. Есть такой фактор, как доводка, ряд вопросов возникает не с самого начала, а с течением времени. Наша задача — понять стабильность характеристик, стабильность восприятия в течение пробега. Есть над чем работать, и мы это делаем".

В конце встречи Евгений Макаров наградил двух водителей, одержавших победу в двух номинациях НТЦ. За топливную экономичность поощрен Александр Беспалов, за энергоэффективность — его коллега Сергей Дементьев.

Аналогичную встречу планируется провести и с водителями-испытателями ООО "ИнтерТракс КАМАЗ". Эта компания также участвует в проекте "Подконтрольная эксплуатация автомобилей КАМАЗ-54901".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 656.08

Е. В. Гражданцев, канд. техн. наук, старший преподаватель, **В. А. Зеер**, канд. техн. наук, доцент, **К. В. Пульянова**, аспирант, **Е. С. Воеводин**, канд. техн. наук, доцент, **А. М. Асхабов**, канд. техн. наук, доцент, **А. И. Елагин**, студент, Политехнический институт (Сибирский федеральный университет), г. Красноярск
E-mail: 2314898@sibformat.ru, pulkristina@yandex.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ О ВЕРОЯТНОМ ВОЗНИКНОВЕНИИ ДТП

Послеаварийная безопасность, помимо конструктивных особенностей автомобиля, во многом определяется средствами сигнализации для предотвращения последующих ДТП на этом же участке и связи, от которых зависит скорость оказания первой медицинской помощи. Особенно это актуально на региональных и федеральных дорогах. В статье рассмотрена аварийность по России и на федеральных дорогах Красноярского края. Так как цель исследования — разработка модели системы оповещения водителей транспортных средств о вероятном возникновении ДТП, проведен анализ систем, призванных облегчать их ориентирование на дорогах, помогать автолюбителям оценивать дорожную ситуацию и направлять их внимание на факторы, которые могут быть оставлены им без внимания. Исходя из анализа существующих систем предложена собственная система предупреждения водителей об опасности на дороге, позволяющая расчетным путем определять минимальное безопасное расстояние между ТС в наиболее аварийных ситуациях, зная скорости ТС и состояние дорожного покрытия (погодные условия) на заранее определенных участках дорожной сети.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, столкновения, система предупреждения водителей, безопасное расстояние, скорость движения.

After accident safety, in addition to the design features of the car, it is largely determined by the means of alarm, to prevent subsequent accidents in the same area, and the communications on which the speed of first aid depends. This is especially true on regional and federal roads. The article considers the accident rate in Russia and on federal roads of the Krasnoyarsk Territory. Since the purpose of the study is to develop a model of a system for warning drivers of vehicles about the possible occurrence of an accident, an analysis of systems designed to facilitate orientation on the roads, to help motorists assess the traffic situation and direct the driver's attention to factors that may be left unattended. Based on the analysis of existing systems, a proprietary warning system for drivers of road hazards has been proposed that allows the calculation to determine the minimum safe distance between vehicles in the most emergency situations, knowing the speed of the vehicle and the condition of the road surface (weather conditions) in predefined sections of the road network.

Keywords: road safety, collisions, driver warning system, safe distance, speed.

Введение

Существующие современные средства в виде объектов дорожной инфраструктуры, интеллектуальных систем активной и пассивной безопасности АТС, законодательные нормы в виде усиления контроля технического состояния ТС и самих участников дорожного движения позволяют значительно повысить безопасность дорожного движения, однако аварийность на дорогах остается еще на достаточно высоком уровне (рис. 1).

За последние 10 лет при возрастающем количестве автомобилей примерно в 1,4 раза количе-

ство ДТП снизилось в 1,6 раза, а число погибших в результате ДТП хоть и имеет положительную динамику, но остается большим [1].

Поэтому целью исследования является разработка модели системы оповещения водителей транспортных средств о вероятном возникновении ДТП.

Анализ существующих систем

На сегодняшний день существует ряд систем, призванных облегчать ориентирование на дорогах, помогать автолюбителям оценивать дорож-

БЕЗОПАСНОСТЬ

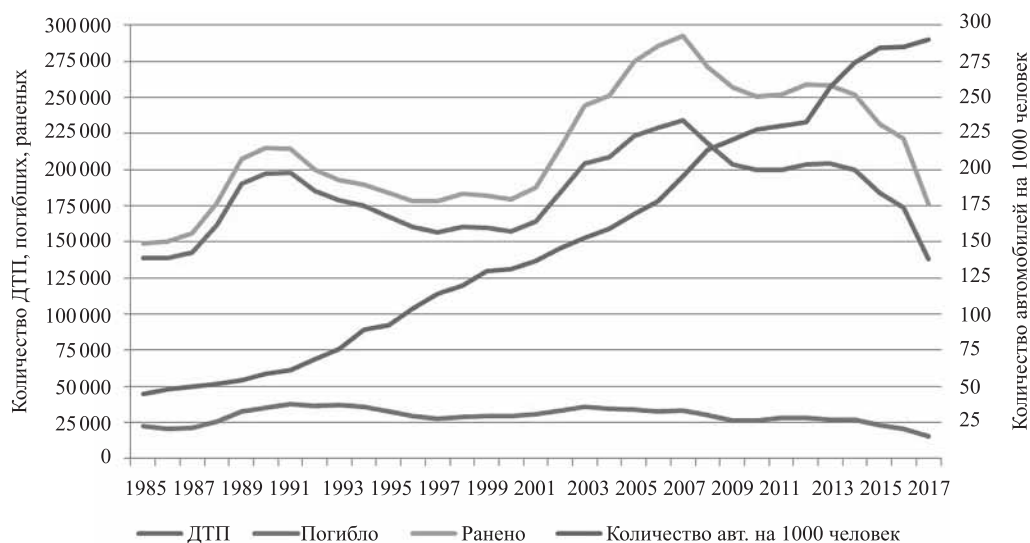


Рис. 1. Статистика ДТП в России за последние 30 лет

ную ситуацию и направлять внимание водителя на факторы, которые могут быть оставлены им без внимания. Даже в случае возникновения ДТП разработаны и внедрены системы оповещения экстренных служб, способствующие скорейшему реагированию и направленные на спасение жизней людей [2—9].

В России и ряде стран мира подобные системы работают достаточное количество времени и уже доказали свою эффективность. Например, система ГЛОНАСС, как навигационный комплекс, позволяет отслеживать географическое положение

объектов и определять скорость их движения. В сочетании с распределенной инфраструктурой "виртуального оператора" новая система "ЭРА-ГЛОНАСС" включает в себя навигационно-информационную платформу, сеть передачи данных (сотовой связи), а также устройства, устанавливаемые в автомобили, обеспечивающие оперативное позиционирование и информирование экстренных служб при возникновении ДТП (рис. 2).

"ЭРА-ГЛОНАСС" оборудована модулем SIM и модемом, способным передавать информацию через вышки сотовых операторов объемом пере-

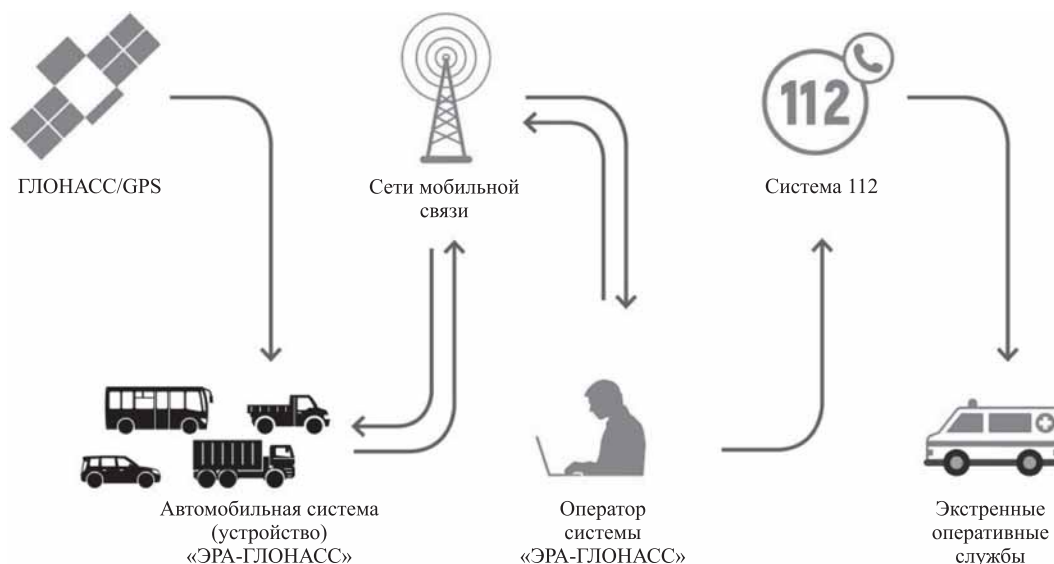


Рис. 2. Функционирование блока "ЭРА-ГЛОНАСС" для автотранспортных средств

даваемой информации до 1 КБ. Можно сделать вывод, что обмен информацией может проходить достаточно оперативно, а наличие большой плотности покрытия сетями GSM делает возможным использование данной системы практически везде [10, 11].

В большинстве европейских стран для связи с экстренными службами используется своя система — eCall, которой будут оснащать все новые модели машин и автофургонов. Система eCall автоматически набирает единый европейский номер экстренной помощи 112 в случае серьезных ДТП. При помощи европейской спутниковой навигационной системы Galileo она сообщает местонахождение автомобиля аварийным службам. Эту систему связи можно будет задействовать и в ручном режиме, следовательно, даже очевидцы происшествий смогут нажатием специальной кнопки у себя в машине сообщить при помощи этой системы сведения о местонахождении ДТП [12].

Данные системы относятся к послеаварийной безопасности и выполняют очень важную задачу — спасение человеческих жизней в ДТП, произошедших на дорогах общего пользования, но в настоящее время не менее важную роль играют возможности и способы предупреждения водителей о вероятности возникновения дорожных событий и происшествий, так или иначе предотвращающие аварии в перспективе.

В ряде стран для этого используется канал автодорожных сообщений (*Traffic Message Channel, TMC*) — технология передачи информации о дорожных пробках и неблагоприятных дорожных условиях. Как правило, данные передаются в виде цифровых кодов для обычных FM-приемников. Данные могут быть также переданы на радио или спутниковое радио. Услуги по передаче данных об автодорожной информации в настоящее время предоставляются государственными и коммерческими компаниями в большинстве стран Европы. Поддержка функций TMC позволяет навигационной системе автомобиля получить информацию об участках с дорожными инцидентами и построить альтернативный маршрут для объезда.

Так, в Германии доступны бесплатные и коммерческие TMC-службы. Бесплатные данные TMC распространяются всеми общественно-правовыми телерадиокомпаниями и доступны на всей территории страны.

В Швеции бесплатная TMC-служба предоставляется дорожной администрацией, которая также отвечает за разработку кодов местоположений. Швеция разделена на восемь зон вещания для

передачи данных только о локальном трафике. Зона покрытия магистрали европейского, национального и регионального уровня, данные TMC включают информацию о ДТП, дорожных работах и погоде [13].

Общеизвестная американская компания Microsoft поддерживает собственную беспроводную сеть DirectBand, охватывающую 125 городов США и три города Канады, в которой также передаются TMC-сообщения в FM-диапазоне. В 2007 г. Microsoft выпустила автомобильную навигационную систему MS Streets & Trips, соединяющую в себе три компонента — картографическое ПО и два приемника: GPS и MSN Direct. Последний снабжает пользователя сведениями о дорожном трафике и ценах на бензин на каждой заправке, мимо которой он проезжает. Помимо этого, реализована интеграция со справочником, позволяющим путешественникам получить информацию о придорожной инфраструктуре в любом интересующем их районе. Общее число объектов достигает 1,6 млн, среди них — банкоматы, гостиницы, рестораны и различные достопримечательности [14].

В России существует несколько сервисов, основанных на TMC. На 1 декабря 2017 г. в России ведется вещание трафика в формате RDS-TMC в 23 городах: Владивостоке, Екатеринбурге, Иркутске, Казани, Калининграде, Краснодаре, Красноярске и др. Данные о трафике берутся от ресурса "Яндекс.Пробки" и вещаются в FM-диапазоне [13].

На 8-м Международном навигационном форуме в 2014 г. было предложено дополнить существующую систему "ЭРА-ГЛОНАСС" системой предупреждения аварийных ситуаций на дорогах "СПАС-Д". Данная система использует принцип оповещения об опасности, в простейшем варианте это рация на единой аварийной частоте, в полной комплектации, с компьютером и набором дополнительных устройств, которые помогают водителю, подсказывают, записывают информацию и т. д. Однако на сегодняшний момент единого аварийного радиоканала для наземного транспорта и разрешения на его использование в конкретных условиях до сих пор не существует.

Системы предупреждения дорожных происшествий существуют и в других странах и, как правило, обозначаются V2V и V2I. Подобные системы дают возможность автомобилям без участия водителя обмениваться друг с другом или с близлежащей инфраструктурой различной информацией.

Современные коммуникации V2V ("автомобиль—автомобиль") базируются на стандартной технологии IEEE 802.11p, хорошо зарекомендовавшей себя в системах электронного взимания дорожных сборов. Эксперименты показывают, что автомобиль, на котором установлено оборудование V2V со встроенной антенной, может держать уверенную связь с другими автомобилями в радиусе 800 м, а со стационарными объектами (V2I) — до 1000 м. Антенны для данной связи подключаются к бортовому оборудованию, к которому также могут быть подключены датчики автомобиля через стандартную шину (CAN и т. п.).

Подобные системы могут определять позицию автомобиля и его параметры на основании GPS, данных одометра, акселерометра, признаков торможения, данных от других датчиков, а также данных, принятых по цепочке от других автомобилей (рис. 3).

Основные сервисы, предлагаемые данными системами:

- исключение столкновения с впереди следующим автомобилем;
- электронные стоп-сигналы. Резко тормозящий автомобиль сигнализирует о применении экстренного торможения, у всех приближающихся сзади включается сигнал или даже перехват управления автоматикой;
- предупреждение об автомобиле в слепой зоне;
- помощь при смене полосы. Аналогично слепой зоне, но с большим количеством параметров. Индикатор показывает, что переключение безопасно;

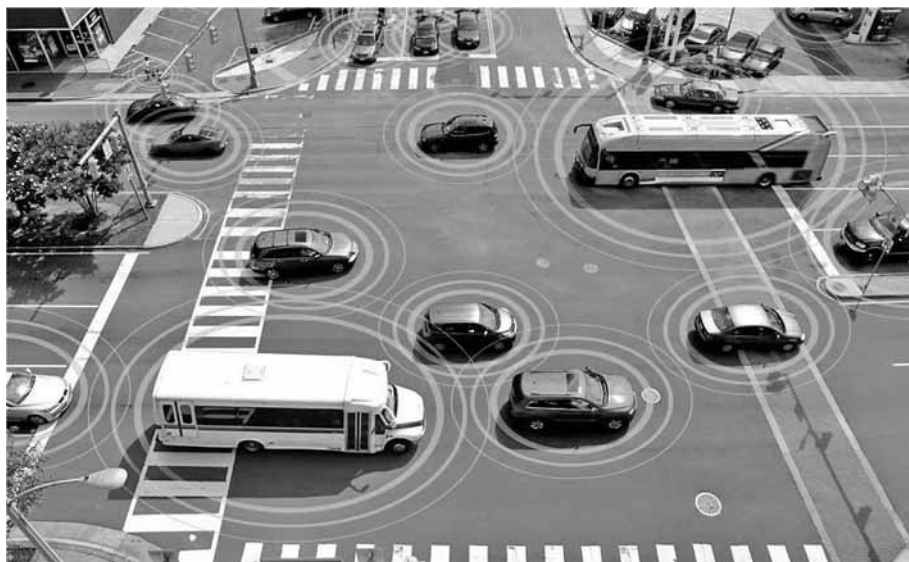


Рис. 3. Пример работы системы V2V

- предупреждение об опасности обгона;
- предупреждение о возможных столкновениях на перекрестках;
- предупреждение о движении по встречной полосе;
- кооперативный адаптивный круиз-контроль.

Но и у данных систем существует ряд проблем:

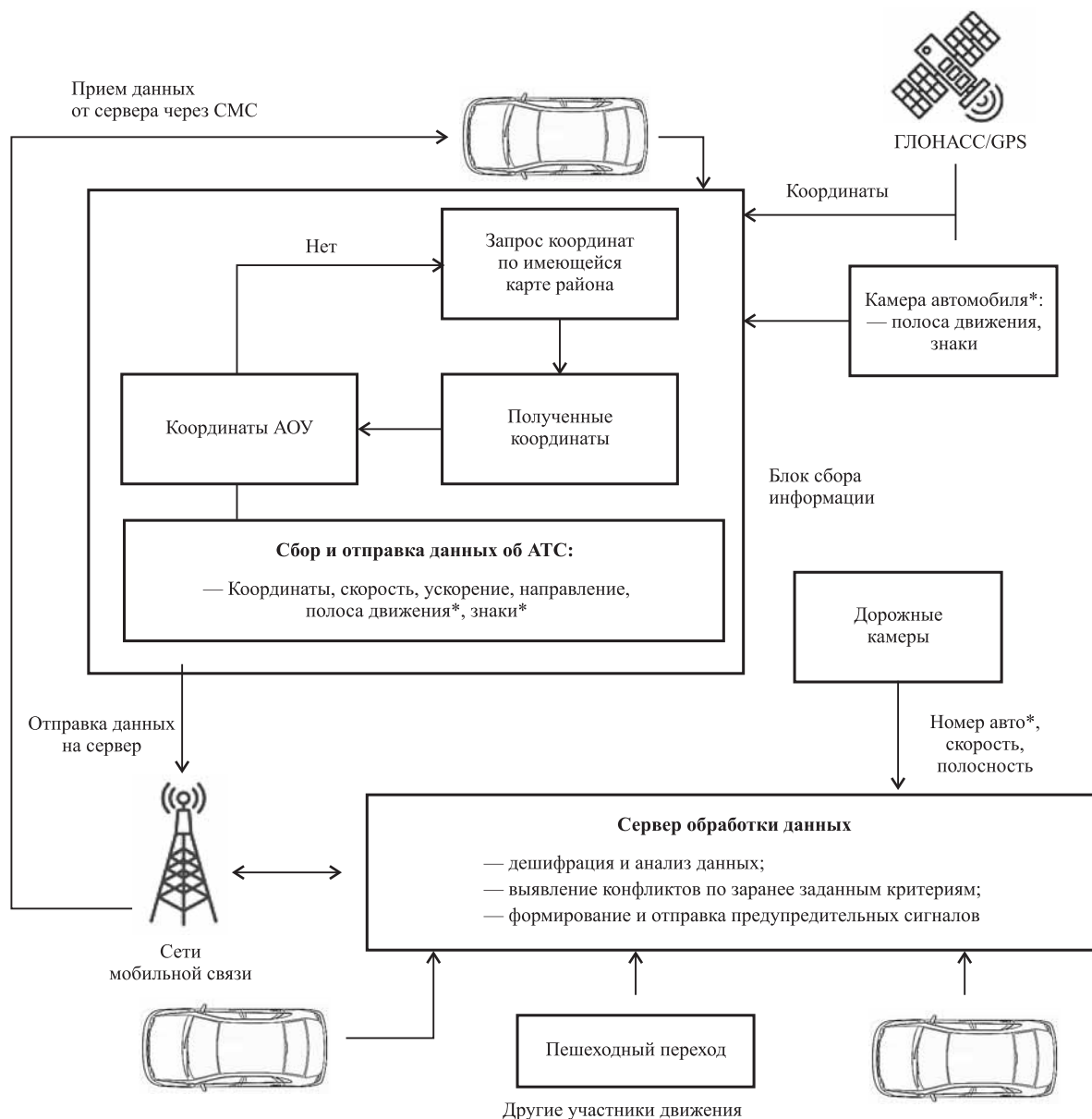
- Отсутствие стандартов V2V прикладного уровня. Прикладная тематика в области V2V находится на этапе проектирования.
- Существуют вопросы приватности и защиты системы от преднамеренных манипуляций.
- При большом скоплении связанных автомобилей имеет место лавинообразное нарастание количества исходных данных для анализа, что приводит к ошибкам и "подвисанию" бортовых устройств.
- До конца не проработаны способы эффективной фильтрации данных без ущерба базовым сценариям управления [14, 15].

Как правило, у всех рассмотренных систем элемент предупреждения ДТП работает при возникновении на участке трассы предаварийной ситуации и переходит в режим контроля и оповещения.

В случае разрабатываемой системы одним из элементов контроля предаварийной ситуации может служить радиолокационный коммуникационный блок контрольных данных, устанавливаемый в автомобиль по типу "ЭРА-ГЛОНАСС", собирающий информацию о различных параметрах движения транспорта в любой момент времени.

Установка дополнительной системы возможна централизованно, например для служебного или пассажирского транспорта. Для обычных водителей, ежедневно участвующих в дорожном движении, возможен более упрощенный и доступный вариант — мобильный телефон, встроенными средствами которого возможно следить за дорожной ситуацией, получать уведомления и осуществлять передачу служебных данных через GSM-модуль между всеми участниками движения и инфраструктурными объектами (рис. 4).

Наряду с созданием карт аварийно опасных участков дороги создание подобной системы



*Дополнительные данные, которые могут использоваться в обработке.

Рис. 4. Функциональная схема системы оповещения возможной аварийной ситуации

является приоритетной задачей в связи с особыми условиями загородных трасс как в России, так и в Красноярском крае и, как следствие, возникновением различных аварийных ситуаций:

- движение автомобилей попутно либо навстречу друг другу, в зонах с трудным географическим ландшафтом (изгибы дорог, подъемы и резкие спуски), когда один или несколько участников движения не могут визуально контролировать остальные транспортные средства;
- движение водителей в темное время суток либо в плохих дорожных условиях, когда

опять же отсутствует визуальное подтверждение наличия встречного, попутно движущегося или стоящего на обочине транспорта.

Разработка системы оповещения

Анализ данных распределения абсолютных и относительных показателей ДТП в Красноярском крае и соседних регионах Сибирского федерального округа выявил, что по сравнению с соседними регионами Сибирского федерального округа (Кемеровской областью, Новосибирской

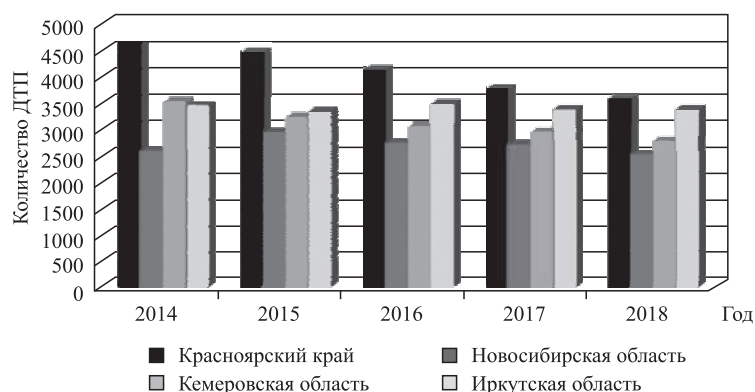


Рис. 5. Распределение количества ДТП по регионам за период 2015—2018 гг.

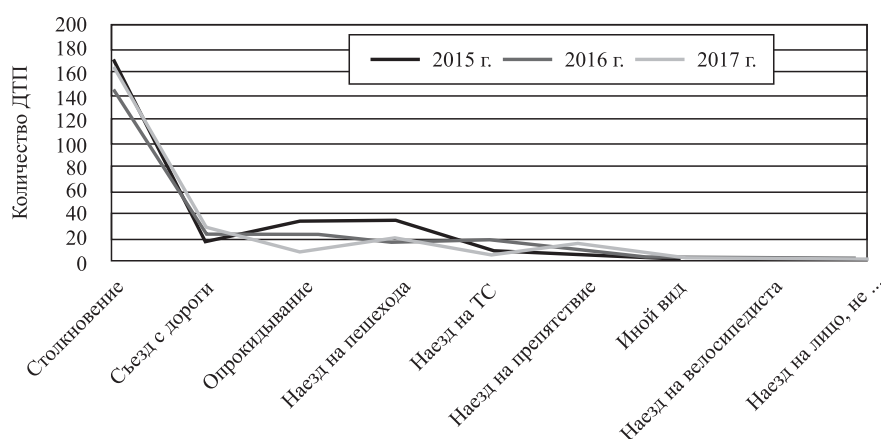


Рис. 6. Распределение ДТП на участке трассы Р-255 по видам

областью, Иркутской областью) Красноярский край по абсолютному показателю — количеству ДТП — занимает первое место (рис. 5) [1, 16, 17].

Согласно анализу статистических данных только в 2018 г. на участке федеральной трассы Красноярского края Р255 произошло 251 ДТП, в которых участвовало 426 автомобилей. На рис. 6 представлено распределение данных ДТП по основным видам [1].

Анализ аварийности показал, что основным видом ДТП являются столкновения, на долю

которых приходится до 62 % всех ДТП, из них каждое третье — это выезд на встречную полосу (31 %). Также достаточно часто встречаются нарушения правил расположения ТС на проезжей части (13 %), неправильный выбор дистанции (8 %), несоблюдение очередности проезда (8 %).

С учетом анализа статистики аварийности на федеральной дороге Р-255 можем выделить аварийные участки дороги — участки дорог, где в течение года произошло три и более ДТП одного вида или пять и более ДТП независимо от их вида, в результате которых погибли или были ранены люди (рис. 7).

Рассмотрим наиболее часто возникающие ситуации, которые составляют основу всех ДТП на анализируемых участках повышенной аварийности Красноярского края:

- столкновение с попутно движущимся транспортом (около 30 % ДТП);
- столкновение со встречным транспортом (около 18 % ДТП);
- столкновение с транспортом, осуществляющим выезд со второстепенных дорог (около 11 % ДТП).

В качестве критерия принятия решения о подаче сигнала водителю ТС о возможном "препятствии" на дороге в направлении его следования предлагается использовать минимально безопасное расстояние

между участниками дорожного движения ($S_{\text{общ}}$), которое определяется расчетным способом. Условие подачи сигнала тревоги запишется следующим образом:

$$S_{\text{дейст}} \leq S_{\text{общ}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{дейст}}$ — действительное расстояние между участниками дорожного движения, м; $S_{\text{общ}}$ — минимально безопасное расстояние между участниками дорожного движения, м.



Рис. 7. Опасные участки Р-255 на территории Красноярского края

Для определения конкретного минимального безопасного расстояния между объектами, при котором необходимо оповещать участников движения об опасности, воспользуемся формулой остановочного пути, м:

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{реак}} + S_{\text{ср.пр}} + S_{\text{T}} + S_{\text{остат}} + S_{\text{откл}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{реак}}$ — путь, пройденный за время реакции водителя, м; $S_{\text{ср.пр}}$ — путь, пройденный за время срабатывания тормозного привода, м; S_{T} — тормозной путь, м; $S_{\text{остат}}$ — остаток пути до объекта, м; $S_{\text{откл}}$ — путь, пройденный за время отклика системы, м.

Выразим $S_{\text{общ}}$, принимая, что процесс торможения соответствует равнозамедленному движению с максимально возможным замедлением для конкретных дорожных условий, м:

$$S_{\text{общ}} = \vartheta_1 t_{\text{реак}} + \vartheta_1 t_{\text{ср.пр}} + \vartheta_1 t_{\text{T}} - \frac{j_{\text{T}} t_{\text{T}}^2}{2} + S_{\text{остат}} + \vartheta_1 t_{\text{откл}}, \quad (3)$$

где ϑ_1 — скорость автомобиля, м/с; $t_{\text{реак}}$ — время реакции водителя, с; $t_{\text{ср.пр}}$ — время срабатывания привода тормоза, с; t_{T} — время торможения, с; $t_{\text{откл}}$ — время отклика системы, с; j_{T} — максимально возможное замедление, м/с².

С целью учета погодных условий определим j_{T} из уравнения определения тормозной силы автомобиля, Н:

$$P_t = m_a g \varphi = m_a j_{\text{T}}, \quad (4)$$

где m_a — масса автомобиля, кг; g — ускорение свободного падения, м/с²; φ — коэффициент сцепления.

Время торможения ТС при условии равнозамедленного движения до полной остановки найдем из формулы:

$$t_{\text{T}} = \frac{\vartheta_1}{j_{\text{T}}}. \quad (5)$$

Рассмотрим ситуацию, когда движение ТС осуществляется в попутном направлении (рис. 8).

Тогда $S_{\text{общ}}$ определяется, м:

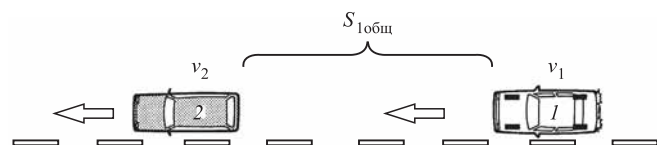


Рис. 8. Движение ТС в попутном направлении

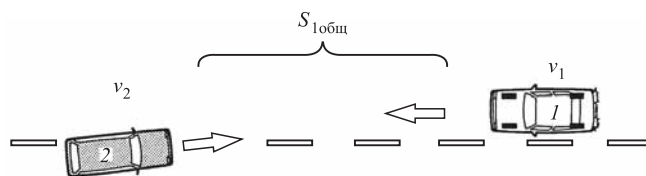


Рис. 9. Движение ТС во встречном направлении

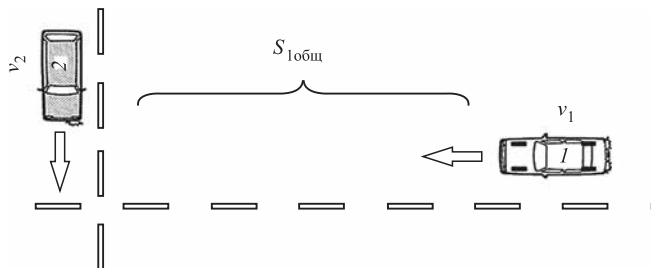


Рис. 10. Движение ТС с выездом со второстепенных дорог

$$S_{\text{общ}} = (\vartheta_1 - \vartheta_2)(t_{\text{реак}} + t_{\text{ср.пр}} + t_{\text{T}} + t_{\text{откл}}) - \frac{j_{\text{T}} t_{\text{T}}^2}{2} + S_{\text{остат}}. \quad (6)$$

Для ситуации, когда движение ТС осуществляется во встречном направлении (рис. 9), $S_{\text{общ}}$ определяется, м:

$$S_{\text{общ}} = (\vartheta_1 + \vartheta_2)(t_{\text{реак}} + t_{\text{ср.пр}} + t_{\text{T}} + t_{\text{откл}}) - \frac{j_{\text{T}} t_{\text{T}}^2}{2} + S_{\text{остат}}. \quad (7)$$

Для ситуации, когда осуществляется выезд со второстепенных дорог (рис. 10), $S_{\text{общ}}$ определяется, м:

$$S_{\text{общ}} = \vartheta_1 t_{\text{реак}} + \vartheta_1 t_{\text{ср.пр}} + \vartheta_1 t_{\text{T}} - \frac{j_{\text{T}} t_{\text{T}}^2}{2} + S_{\text{остат}} + \vartheta_1 t_{\text{вр.отк}}. \quad (8)$$

Выводы

Таким образом, предложенная система предупреждения водителей об опасности на дороге позволяет расчетным путем определять минимальное безопасное расстояние между ТС в наиболее аварийных ситуациях, зная скорости ТС и состояние дорожного покрытия (погодные условия) на заранее определенных участках дорожной сети.

Заключение

В результате проведенного анализа существующих систем можно сделать следующие выводы:

- Отсутствует единый стандарт связи между участниками дорожного движения, позволяющий организовать канал взаимодействия.
- В России существует базовая платформа, на основе которой можно реализовывать предлагаемую систему оповещения.
- Мировые системы оповещения реализованы на других принципах работы и имеют незначительный функционал (оповещение об уже произошедших ДТП).

Статистический анализ происходящих ДТП на дорогах вне населенных пунктов выявил ситуации, степень аварийности которых наиболее высока, а также аварийные участки дорог в Красноярском крае трассы Р-255.

Математическое обеспечение проектируемой системы позволяет определять минимальное безопасное расстояние между участниками дорожного движения, на котором происходит оповещение водителей об опасностях на дороге в направлении движения ТС, зная скорость ТС и состояние дорожного покрытия в конкретные моменты времени.

В целом предполагаемая система позволит значительно снизить аварийность на определенных участках дорог вне населенных пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **ГИБДД** [Электронный ресурс]: Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. — URL: <http://www.gibdd.ru>.
2. **Augustsson N., Wilhelmsson M.** Verification of Collision Avoidance Functionality. A mileage multiplier approach to verify future Collision Avoidance Systems. Master of Science Thesis in the Master Degree Programme Systems, Control and Mechatronics. Department of Signals and Systems. Division of Automatic Control, Automation and Mechatronics CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Goteborg, Sweden, 2010 Report No. EX034/2010.
3. **Ying-Che Kuo, Chin-Sheng Chang.** Lane departure warning system based on future driving path prediction. *Int. J. of Vehicle Safety*, 2014 Vol. 7, No. 2, pp. 168—188.
4. **Safety** applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan. International technology scanning program.
5. **Rashmi N. Mahajan, Dr. A. M. Patil.** A Survey on Lane Departure Warning System. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. Volume 3 Issue 11, November 2014.
6. **Концепция** развития систем предупреждения столкновений транспортных средств / В. В. Елистратов, С. И. Безруков, П. Г. Стенин, В. С. Климаков // *Научное обозрение. Технические науки*. — 2015. — № 1. — С. 178—178.
7. **Yingjie Liu, Junsheng Jiang.** Inverse dynamics of vehicle minimum time manoeuvre for collision avoidance problem. *Int. J. of Vehicle Safety*, 2016 Vol. 9, No. 2, pp. 120—135.
8. **Yuan-Lin Chen.** Study on a novel forward collision probability index / *Int. J. of Vehicle Safety*, 2015 Vol. 8, No. 3, pp. 193—204.
9. **Концепция** развития систем предупреждения столкновений транспортных средств / В. В. Елистратов, С. И. Безруков, П. Г. Стенин, В. С. Климаков // *Научное обозрение. Технические науки*. — 2015. — № 1. — С. 178—178.
10. **Информационно-аналитический** центр координатно-временного и навигационного обеспечения [Электронный ресурс]: Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. — URL: <https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/glonass.php>.
11. **Оператор** государственной автоматизированной информационной системы "ЭРА-ГЛОНАСС" [Электронный ресурс]: Развитие ГАИС "ЭРА-ГЛОНАСС": от спасения при ДТП к предотвращению аварий. — URL: <https://aoglonass.ru/novosti/publikacii-v-smi/razvitie-gais-era-glonass-ot-spaseniya-pri-dtp-k-predotvrazeniyu-avarij/>.
12. **Официальный** сайт Европейского союза [Электронный ресурс]: Новости. — URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ecall-all-new-cars-april-2018>.
13. **Travel** Information services worldwide [Электронный ресурс]: Members. — URL: <http://tisa.org/members-liaisons/>.
14. **Ho Ting Cheng, Hanguan Shan, Weihua Zhuang.** Infotainment and road safety service support in vehicular networking: From a communication perspective. *Mechanical Systems and Signal Processing* 25 (2011) 2020—2038.
15. **Abboud K., Zhuang W.** Modeling and analysis for emergency messaging delay in vehicular ad hoc networks, in: *Proceedings of the IEEE GLOBECOM*, November-December 2009.
16. **Пулянова К. В., Воеводин Е. С.** Анализ статистики ДТП на федеральных дорогах Красноярского края // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции "Борисовские чтения". — Красноярск, 2017. — С. 97—100.
17. **Исследование** интенсивности транспортного потока на Р-255 и Р-257 на территории Красноярского края / К. В. Пулянова, Е. С. Воеводин, А. М. Асхабов, А. С. Кашура // Сборник статей XII Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГАУ. — Пенза: РИО ПГАУ, 2018. — С. 71—74.

ИНФОРМАЦИЯ

ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ АВТОБУСНЫЙ САЛОН BUSWORLD EUROPE

В статье, подготовленной нашим корреспондентом, рассказывается о недавно прошедшей в Брюсселе выставке Busworld Europe. Экспозиция салона не оставляет никаких сомнений: будущее, по крайней мере городского общественного транспорта, — за электроприводом. И это будущее совсем уже ближайшей — 3–5-летней перспективы.

Автобусы в мобильности европейцев играют одну из ведущих ролей — как междугородные, так и внутригородского сообщения. Они перевозят миллионы пассажиров в ежедневном, ежечасном, ежеминутном режиме. Они — неотъемлемая часть транспортной инфраструктуры, которой люди пользуются постоянно. Активно пользуются. В любую погоду, в любой экономической ситуации, при любом настроении.

Более того, эту инфраструктуру в принципе нельзя представить без автобусов. Исчезни они куда-нибудь даже на пять минут — и вся жизнь тут же встанет. Полностью встанет. Потому что и локальный общественный транспорт, и международный очень плотно завязан на автобусах. На автобусах люди добираются до метро, до пригородных электричек и поездов дальнего следования, до аэро- и всех прочих портов. На автобусах ездят по городам, поселкам, деревням, а также между ними, равно как и между районами, областями и даже странами. То есть автобус — это органическая составляющая общественных отношений, своего рода коммутатор социума.

Собственно, поэтому проблематика автобусов так всем и любопытна. Европейцы реально хотят знать, на чем они будут ездить в ближайшем будущем, как они будут ездить и сколько будут тратить на дорогу. Тем более что Директива Еврокомиссии о чистых транспортных средствах не так давно установила дополнительные требования для муниципальных операторов: в 2025 г. от 24 до 45 % закупаемых государствами ЕС автобусов должны быть "чистыми".

Busworld Europe дает ответы на все эти вопросы, а также на множество других, еще даже не заданных, но уже формулируемых. И хотя Busworld никогда не определяет конкретную тему очередной выставки, тема электрификации в этот раз очевидно доминировала, причем доминировала совершенно естественным образом,

как абсолютно безусловная тенденция европейского автобусостроения. Почти каждый автобус, выставленный на Busworld Europe, был оснащен электроприводом. Вся экспозиция, все разговоры на и про Busworld Europe так или иначе обращались к киловаттам, автономности, возможностям зарядки...

Похоже, электричество реально витало в воздухе. Витало в самых разных своих воплощениях: через аккумуляторные батареи, через системы топливных элементов и даже старые добрые дизельные автобусы-труженики, отмотавшие не одну сотню тысяч километров по улицам европейских городов, не были забыты: для них также приготовлено теплое местечко в электрическом будущем. Впрочем, обо всем по порядку, и начнем, пожалуй, с самого главного — с традиционной премии Busworld Awards, в которой как раз и нашли свое отражение все самые передовые тренды, ожидания профессионального сообщества и конечных пользователей.

Гран-при в категории "Городской автобус" досталось автобусу на топливных элементах Van Hool Exqui City 18 FC Design Pau, предназначенному для южнофранцузского городка По. Жюри высоко оценило функции безопасности, полностью отделенное рабочее место водителя с централизованно расположенными органами управления, отличную обзорность и множество камер, обеспечивающих обзор по всему периметру автобуса. Кроме того, этот сочлененный двухсекционный автобус был удостоен Знака Ecology Bus за наибольшую, по сравнению с другими аналогичными транспортными средствами, автономность хода, которая достигает 300 км.

Самым комфортным (Comfort Bus) был признан Mercedes-Benz eCITARO за высокоэргономичный подход к созданию рабочего места водителя, организацию пространства и технологическое оснащение.

Yutong U12 был удостоен знака Bus Design, что указывает на его полное соответствие передовым концепциям европейского дизайна, эстетическую сбалансированность внешнего вида и интерьера.

MAN Lion's City 12G — самый безопасный — был отмечен соответствующим Знаком Safety Bus за наиболее эффективные функции пассивной безопасности водителя и пассажиров. В целях предупреждения ДТП из-за наличия "слепых зон" автобус оснащается активным ассистентом поворота, а также системой распознавания пешеходов. Премьера этого автобуса состоялась на выставке в Брюсселе. Камеры впереди и с обеих сторон транспортного средства автоматически контролируют дорожную ситуацию и облегчают тем самым работу водителя. Активное предупреждение об опасных ситуациях и угрозе столкновения осуществляется визуально с помощью двух дисплеев, расположенных в поле зрения водителя, а также с помощью звукового сигнала. При этом система предупреждает о возможном столкновении — как при движении прямо, так и при совершении поворота.

Кроме того, новые системы помощи при вождении и на поворотах повышают безопасность благодаря надежному обнаружению пешеходов, велосипедистов и мотоциклистов в "слепой зоне" и активному предупреждению об опасных ситуациях. Ожидается, что в следующем году новые системы будут доступны для всех автобусов MAN в заводской комплектации или в качестве дооснащения.

Другой автобус от MAN — MAN Lion's Coach — стал лауреатом почетного звания Coach of the Year 2020 по версии жюри Bus & Coach of the Year, представленного 22 ведущими отраслевыми журналами из 22 стран мира. Этот престижный "трофей" спонсируется Busworld и традиционно вручается во время открытия Busworld Europe.

По результатам недели комплексных испытаний, многочисленных тест-драйвов и активного обсуждения профессиональное жюри в первую очередь покорило то, что в одном туристическом автобусе гармонично соединились топливная экономичность, уровень комфорта и практичность наряду с использованием инновационных технологий в сочетании с современным дизайном. При этом на журналистов произвело впечатление место водителя, соответствующее наивысшим критериям качества, равно как и отличные ходовые качества Lion's Coach. Особое внимание заслужил тот факт, что в моторном отсеке работает инновационная мощная трансмиссия, обладающая

высокой степенью эффективности. Кроме того, высокую оценку жюри получила также интеллектуальная интеграция подъемника для инвалидов над передней осью, способствующая повышению уровня практичности автобуса и сохранению объема багажного отсека.

Lion's Coach выпускается в четырех вариантах длины: на двух осях — 12 101 и 13 091 мм, а также в трехосном исполнении — 13 361 и 13 901 мм. Благодаря дополнительным шести сиденьям, появившимся в исполнении длиной 13 м, в отличие от 12-метрового варианта, этот двухосный автобус, представленный на Coach Euro Test, является особо привлекательным транспортным средством в экономическом аспекте.

На новый Lion's Coach устанавливается оптимизированная трансмиссия, характеризующаяся главным передаточным числом 2,73 и увеличенными по сравнению с предшественниками мощностью (на 30 л. с.) и крутящим моментом (на 300 Н·м). В автоматической КП с ручным управлением MAN TipMatic Coach используется новая стратегия старта и переключений собственной разработки MAN, отлично адаптированная под двигателя D26. Благодаря взаимодействию компонентов новой трансмиссии транспортное средство становится в высшей степени эффективным, и лишь недавно экспертная организация TÜV Bayern подтвердила у MAN Lion's Coach впечатляюще низкий расход топлива — 19,4 л на 100 км.

Но вернемся к Busworld Awards. В категории "Междугородный автобус" победители распределились в следующем порядке. Гран-при получил Volvo 9900 за изумительный дизайн, оптимальное техническое обслуживание, качество движения, комфорта и динамики. Спроектированный и построенный в Польше Volvo 9900, по мнению жюри, на голову выше конкурентов.

Безопасность — еще одно преимущество этого автобуса. Преимущество настолько весомое, что Volvo 9900 получил награду и за безопасность — Safety Coach. Жюри впечатлило наличие системы автоматического пожаротушения, "черного ящика", а также системы пассивной безопасности водителя (специальная зона поглощения энергии удара) и пассажиров.

Награда Comfort Coach была присуждена двухэтажному Setra S531 DT и Van Hool EX11 за высококлассное оснащение мультимедиа-системами, эргономику пассажирских мест (в частности, большее, чем у конкурентов, пространство между сиденьями и удобные подлокотники), организацию рабочего места водителя.

А самым дизайнерским стал Yutong T13 — Знак Design Coach. Жюри понравились дизайн экстерьера и интерьера, использованные материалы отделки и интегрированное оборудование.

В экологической номинации — Знак Ecology Coach — победил также Yutong, но уже модель ICe12. В интерьере автобуса нашло применение большое количество подлежащих вторичной переработке материалов (меньше пластика и т. п., больше металлов). Кроме того, это был единственный электробус в категории "Междугородный автобус", за счет чего, собственно, он и опередил всех соперников по показателям эмиссии вредных веществ.

В целом же по итогам конкурса члены жюри выделили основные тенденции, имеющие место в современном автобусостроении. Во-первых, Yutong и другие китайские производители, представленные на выставке, достигли значительного прогресса и уже полностью соответствуют европейским стандартам. Во-вторых, туристические мультимедийные системы значительно улучшились: повысилось качество и удобство подключения — подключение Wi-Fi, ноутбуков и мобильных устройств стало существенно легче и комфортнее.

В-третьих, камеры заменяют зеркала. Это дает огромные преимущества с точки зрения безопасности и маневрирования. И в-четвертых, все автобусы, работающие на альтернативных источниках энергии (электробусы на аккумуляторах, автобусы на газе, электробусы на топливных элементах), в целом достигли довольно высокого уровня и очень схожи по своим характеристикам и качеству.

Говоря о наградах, вручаемых на Busworld Europe, стоит также отметить и то, что IVECO BUS удалось сохранить высокий титул "Устойчивый автобус года" благодаря победе работающего на газе автобуса Crossway Natural Power в категории междугородных пассажирских перевозок на Sustainable Bus Award. Новая модель была впервые представлена в прошлом году на выставке Autocar Expo во Франции и благодаря своим превосходным качествам уже завоевала широкое признание среди специалистов в области общественного транспорта по всему миру.

Устойчивое развитие приобретает все большее значение в транспортной индустрии, и для того чтобы соответствовать этим тенденциям, бренд IVECO BUS в качестве ведущего мирового бренда в этой отрасли уже сейчас способен предложить

полный модельный ряд газовых транспортных средств.

Автобус Crossway Natural Power оснащен газовым двигателем нового поколения CURSOR 9 Natural Power (NP) от FPT Industrial мощностью 360 л. с. За счет уникальной запатентованной конструкции с баками для сжатого газа, встроенными в крышу, оптимизируется центр тяжести автобуса, способствуя повышению его устойчивости на дороге, также повышается комфорт водителя и пассажиров.

Новая модель не уступает дизельным аналогам по качеству обеспечения доступа в салон, пассажироместимости и объему багажного пространства. Автобус способен преодолевать до 600 км без дозаправки и может управляться как быстрым, так и медленным методом. При условии заправки биометаном автобус демонстрирует превосходные показатели углеродного баланса и обеспечивает существенное снижение выбросов парникового газа, которое может достигать до 95 %.

В состав жюри, определяющего победителя для награждения премией Sustainable Bus Award, вошли представители семи ведущих специализированных отраслевых журналов Европы, которые оценивали степень соответствия участников принципам устойчивого развития. Особое внимание уделялось созданию положительного образа транспортного средства в глазах широкой общественности. Эксперты принимали во внимание следующие аспекты: безопасность, комфорт, уровень шума, возможность переработки компонентов для вторичного использования и общую политику производителя в области устойчивого развития.

Но не только собственно транспортные средства получали награды. В категории "Инновации" жюри Busworld Awards отмечало передовые технологии, продукты и услуги, находящие применение на автобусной технике самых разных модификаций и производителей. В этом перечне особо хочется выделить центральный электропривод CeTrax концерна ZF. Он стал первым среди конкурентов в категории отдельных компонентов и периферийных устройств. CeTrax был разработан концерном ZF специально для автобусов и впервые был представлен публике в 2017 г. Конструкция привода основана на принципе plug-and-drive ("подключил и поехал"). CeTrax можно легко встроить в транспортные средства с обычной компоновкой трансмиссии. Таким образом, он пригоден как для разработки новых транспортных

средств, так и для модернизации существующих платформ без существенных изменений шасси, мостов и расчетов конструкций. Благодаря этому производители транспортных средств и операторы автопарков могут гибко реагировать на требования рынка и изменения в правовых нормах.

Близко познакомиться с одним из таких модернизированных автобусов нам удалось на Busworld Europe. Правда, в нем используется не центральный электропривод CeTrax, а порталный мост с электроприводом AxTrax AVE, также от концерна ZF, который поставляет оба изделия (CeTrax и AxTrax AVE) в виде согласованной системы и в сочетании с инвертором и модулем управления приводом, гарантируя своим клиентам максимальные производительность, эффективность и срок службы. Данный порталный мост тоже может быть с успехом применен при переводе дизельных автобусов на электротягу, в чем мы смогли убедиться лично.

Переоснащение транспортного средства было произведено в рамках проекта e-troFit. На автобус 2003 г. был установлен порталный мост ZF AVE 130 с двумя асинхронными электродвигателями и водяным охлаждением (задний привод). Номинальная мощность: $2 \times 80 \text{ кВт} = 160 \text{ кВт}$. Максимальная мощность: $2 \times 125 \text{ кВт} = 250 \text{ кВт}$. Максимальный момент: $2 \times 485 \text{ Н}\cdot\text{м} = 970 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

В качестве источника энергии используется восемь никель-марганец-кобальтовых батарей емкостью $240 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Максимальная зарядная мощность — 150 кВт . Зарядное устройство — Туре 2 CCS. Хотя в принципе зарядка может осуществляться в зависимости от пожеланий заказчика — по-разному, в том числе и через пантографное устройство. Предусмотрена функция быстрой зарядки наряду с традиционной длительной зарядкой, например в течение ночного простоя. Средний диапазон пробега на одной полной зарядке: $200\text{—}300 \text{ км}$ в зависимости от условий движения и окружающей среды. Срок службы батареи — примерно $8\text{—}10$ лет. В общем все как у обычного электробуса, только это автобус переоснащенный.

Он предназначен для перевозки 93 пассажиров и имеет 29 сидячих мест. Оборудован гибридной климатической системой. Мощность электрического отопителя: $2 \times 7 \text{ кВт} = 14 \text{ кВт}$, дизельного — 21 кВт . Мощность кондиционера (хладагент R134a) — 25 кВт .

Допустимая полная масса автобуса с полностью обновленным салоном и приводными компонентами — 18 т .

Как отмечают представители e-troFit, в среднем цена модернизации (конечно, в зависимости от емкости батарей) находится в районе $300\ 000\text{—}350\ 000$ евро. По сравнению со стоимостью нового электробуса это, естественно, очень выгодно (дешевле примерно в $2\text{—}2,5$ раза), особенно учитывая то обстоятельство, что для эксплуатирующей организации устраняются любые заботы с утилизацией/продажей старой дизельной машины. К тому же производитель уверяет в том, что срок эксплуатации обновленного автобуса составит минимум 10 лет. То есть в старый автобус буквально вдыхается новая жизнь.

Есть и еще одна причина высокой актуальности данного предложения, на которую напрямую указывают представители e-troFit. Спрос на электрические автобусы сегодня чрезвычайно высок. В настоящее время, однако, новые электрические автобусы, особенно от известных европейских производителей, недоступны на рынке в достаточном количестве. По оценкам некоторых экспертов, производители не смогут удовлетворить потребность в такой технике до 2025 г., по сути, пороговой даты, о которой мы уже писали выше. Поэтому многим эксплуатирующим организациям, муниципальным автопаркам и т. д. придется как-то выходить из положения, ища альтернативные решения. В ряду таких решений e-troFit — довольно привлекательно.

По оценке специалистов e-troFit, общая стоимость владения, включая цену покупки, затраты на электроэнергию, техническое обслуживание, зарядную инфраструктуру, амортизацию и остаточную стоимость (расчет на 10 лет городской эксплуатации при пробеге $60\ 000 \text{ км}$ в год), на 1 км пути нового электробуса составляет $1,29\text{—}1,83$ евро (диапазон обусловлен сильно различающимися затратами на приобретение), дизельного — $1,19$ евро, модернизированного — $1,10$ евро.

Сейчас уже можно заказать установочные комплекты e-troFit для следующих моделей:

- Evobus Citaro I Solobus (серийное производство уже запущено, поставка — I квартал 2020 г.);
- Evobus Citaro II Solobus (поставка с середины 2020 г.);
- Evobus Citaro II — сочлененный автобус (поставка с IV квартала 2020 г.).

Также запланированы комплекты для других городских автобусов, и в первую очередь для MAN Lion's City. Для сектора логистики уже совсем скоро будут предложен комплект для переоборудования грузовика Mercedes-Benz Actros.

Комплект e-troFit состоит из центрального электропривода или порталного моста с электроприводом, масштабируемой системы батарей с системой управления и охлаждением батарей, необходимых вспомогательных устройств, а также с системой кондиционирования воздуха и отопления и блоком управления транспортным средством (VCU). VCU объединяет все компоненты автобуса, в результате чего получается идеально сбалансированная система, соответствующая функциональной безопасности ISO 26262.

Остается только добавить, что переоснащение происходит в два этапа и занимает примерно четыре месяца. Оно осуществляется в тесном сотрудничестве с концерном ZF, обеспечивающим благодаря своим компетенциям высокое качество выполнения работ по модернизации, а также последующее надлежащее сервисное обслуживание техники.

Из ключевых премьер Busworld Europe 2019 имеет смысл выделить новое поколение комфортабельных автобусов Citywide для внутригородских и пригородных перевозок от Scania и запуск международного производственного проекта Deltabus, первая машина которого — электробус Deltabus Mark E — также был презентован на выставке.

Модели Scania Citywide характеризуются увеличенной вместимостью, лучшей управляемостью, а также повышенным уровнем комфорта для пассажиров и водителя. В автобусе могут разместиться до 100 человек в зависимости от технической комплектации и внутренней планировки. Модели для городских пассажирских перевозок длиной 12 м с низким полом имеют боковое расположение двигателя, что позволяет оборудовать три дополнительных места за задней осью. Еще два места можно добавить в передней части салона благодаря увеличенной грузоподъемности передней оси.

Новая линейка более экономична. Например, расход топлива при 7-литровом двигателе, оптимальном для городских условий, снижен на 3—5 %, а улучшенные характеристики коробки передач увеличивают экономию еще на 1—3 %. Введение функции Start/Stop позволяет сократить расход дизельного топлива и биодизеля в целом на 8 %, а для автобусов с газомоторным двигателем этот показатель может достигать 15 %. Дополнительная экономия топлива может быть достигнута с помощью системы Scania Opticruise. На эффективность также положительно влияют круиз-контроль с функцией Active Prediction (CCAP),

электрический охлаждающий вентилятор, применение технологии SCR Only и уменьшенный вес транспортного средства.

Scania Citywide имеет совершенно новый дизайн интерьера. Окна увеличены, в том числе по высоте, что дает больше естественного света в салоне. Потолок стал выше, а боковые потолочные панели имеют плоскую форму. Также обеспечивает повышенную комфортность новая конструкция системы кондиционирования. Низкий пол и увеличенный проход позволяют пассажирам быстрее разместиться в салоне, что сокращает время нахождения на автобусных остановках.

Разработчики позаботились и о водителях. Рабочее место в автобусах Scania Citywide стало еще более эргономичным: улучшена обзорность, расширены настройки положения сиденья, повышено удобство расположения педалей, предусмотрено больше пространства для ног. Кроме того, конструктивные особенности салона упрощают ежедневное техническое обслуживание.

Deltabus — это новый австрийский старт-ап, запущенный в этом году в сотрудничестве с ведущими инжиниринговыми и производственными компаниями мира. Российская компания Bakulin Motors Group (Volgabus) вошла в этот проект в качестве партнера — поставщика кузовов и шасси.

На новых производственных площадях в г. Терниц (недалеко от Вены) будет производиться до 300—400 шт./год электробусов (заявленная проектная мощность). Не исключено, что в будущем там же будут выпускаться машины на водородных топливных элементах и сами топливные элементы.

А собственно представленный на Busworld Europe электробус Deltabus Mark E был собран во Владимире на заводе Volgabus. Он оснащен литиево-металл-полимерными аккумуляторами суммарной емкостью 378 кВт·ч. Четыре модуля располагаются на крыше электробуса, а два — в кормовой части. Заявляется, что 4-часовая зарядка обеспечит пробег до 300 км при среднем расходе 1,0—1,3 кВт·ч/км. Мощность электромотора — 200 кВт. Deltabus Mark E вмещает 87 пассажиров, мест для сидения — 33 (+1). Вполне вероятно, в ближайшее время электробус отправится на тесты в Израиль, а в 2020 г. будут проходить европейские испытания.

М. С. Калинин

"ГРУППА ГАЗ" ПОСТАВИТ В ТВЕРЬ СВЫШЕ 430 АВТОБУСОВ



"Группа ГАЗ" изготовит 438 автобусов для работы на маршрутах Твери и Тверской области. В I квартале 2020 г. было поставлено 110 автобусов большого класса ЛиАЗ-5292 вместимостью 105 пассажиров, 314 автобусов среднего класса ЛиАЗ-4292, рассчитанных на 73 человека, и 14 каркасных автобусов "ГАЗель NEXT" вместимостью 20 пассажиров.

Поставку техники в лизинг профинансировал ВЭБ.РФ — государственная корпорация развития, которая в партнерстве с коммерческими банками и инвесторами участвует в реализации национальных проектов, направленных на развитие инфраструктуры, промышленности, социальной сферы, укрепление технологического потенциала и повышение качества жизни людей.

Автобусы ЛиАЗ укомплектованы двигателями ЯМЗ экологического стандарта "Евро-5", системами видеонаблюдения и бесконтактной оплаты проезда. Рабочее место водителя оснащено регулируемой рулевой колонкой, комфортным сиденьем с пневмоподвеской, регулируемым по высоте и с изменяемым углом наклона спинки. Агрегатная база ТС позволяет обеспечить высокую маневренность, плавность хода и устойчивость на дорогах. Системы ABS, ASR, блокировка дверей во время движения обеспечивают дополнительную безопасность перевозок. Климат-контроль и

мультимедийные системы в салоне автобуса обеспечивают дополнительный комфорт пассажиров.

Салоны автобусов "ГАЗель NEXT" — высокие (1900 мм) и просторные, с панорамным остеклением, высота салона обеспечивает удобство перемещения пассажиров внутри автомобиля и комфорт в пути, а широкая двустворчатая дверь и низкая подножка — удобство входа/выхода.

Все модели автобусов "Группы ГАЗ", которые будут поставлены в Тверь, расширяют безбарьерную среду города. Автобусы ЛиАЗ имеют низкий уровень пола и систему "книлинг" (наклон в сторону дверей на остановках), которая облегчает посадку и высадку всем категориям пассажиров. Автобусы ЛиАЗ и "ГАЗель NEXT" оснащены механической аппаратурой и специально оборудованным местом в салоне для транспортировки маломобильных пассажиров.

"Группа ГАЗ" является ведущим производителем и поставщиком автобусов в России. Модельный ряд включает полную линейку автобусов малого, среднего, большого и особо большого классов пассажировместимостью от 19 до 201 человек. Выпускаются автобусы, работающие на различных видах топлива (бензин, дизель, газ, электричество).

Пресс-служба "Группы ГАЗ"

Художественный редактор Д. С. Рыбакова. Технический редактор Е. М. Патрушева. Корректор Н. В. Яшина
Сдано в набор 10.02.2020. Подписано в печать 26.03.2020. 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 "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru