



Издается
с января 2004 г.

Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт научно-технический журнал

ISSN 2500-0586

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор)
ПИ № ФС77-64543 от 22 января 2016 г.

Главный редактор журнала
В. И. Лысак – чл.-корр. РАН,
д-р техн. наук, профессор,
ректор университета

Редакционная коллегия:

И. И. **Артюхов** – д.т.н., проф., СГТУ
им. Гагарина Ю. А., г. Саратов
А. В. Баранов – д.ф.-м. н., проф.,
РГУ нефти и газа, г. Москва.
А. Б. Голованчиков – д.т.н., проф., ВолгГТУ
А. Е. Городецкий – д.т.н., проф., ИПМаш
РАН, г. Санкт-Петербург
А. П. Дарманиян – д.т.н., проф., ВГАУ,
г. Волгоград
А. М. Иванов – д.т.н., проф.,
МГТУ (МАДИ), г. Москва
В. В. Коротаев – д.т.н., проф., ИТМО,
г. Санкт-Петербург
О. Г. Котиев – д.т.н., проф., МВТУ
им. Н. Э. Баумана, г. Москва
А. А. Львов – д.т.н., проф., СГТУ
им. Гагарина Ю. А., г. Саратов
Мертен Клеменс – д.т.н., проф.,
университет г. Штутгарт, Германия
В. А. Марков – д.т.н., проф., МВТУ
им. Н. Э. Баумана, г. Москва
А. В. Навроцкий – д.х.н., проф., ВолгГТУ
А. А. Ревин – д.т.н., проф., ВолгГТУ
Б. В. Скворцов – д.т.н., проф., СГАУ
им. академика С. П. Королева, г. Самара
О. А. Тишин – д.т.н., проф., ВолгГТУ
Е. А. Федянов – д.т.н., проф., ВолгГТУ
В. М. Шаповалов – д.т.н., проф., ВолгГТУ;
В. М. Шарипов – д.т.н., проф., МГТУ
(МАМИ), г. Москва
А. Н. Шилин – д.т.н., проф., ВолгГТУ

Ответственный секретарь
Ю. В. Аристова – доц., к.т.н.

Журнал распространяется
по подписке.
Индекс журнала по каталогу
Агентства «Роспечать»
для Российской Федерации –
94193(ОК+ЭК). По вопросам
подписки обращаться
в издательство.

Тел. издательства ВолгГТУ:
+7 (8442) 24-84-06,
fax: +7 (8442) 24-84-06,
e-mail: otr@vstu.ru

№ 5 (17)
Октябрь
2016

УЧРЕДИТЕЛЬ:
ФГБОУ высшего образования
«Волгоградский государственный технический
университет»
Периодичность: четыре раза в год

Адрес редакции:
РФ, 400005, Волгоград, пр. В. И. Ленина, 28
Гл. редактор: телефон: – (8442) 23-00-76
e-mail: rector@vstu.ru

Отв. секретарь: телефон: – (8442) 24-81-05
e-mail: pahp@vstu.ru

Официальный сайт Учредителя: www.vstu.ru

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Авторское право на журнал в целом принадлежит
Учредителю, на отдельные статьи – сохраняется за авторами

*Перепечатка из журнала «Энерго- и ресурсосбережение:
промышленность и транспорт» категорически запрещена без
оформления договора в соответствии с действующим
законодательством РФ*

*При перепечатке материалов ссылка на журнал «Энерго- и
ресурсосбережение: промышленность и транспорт» обязательна*

Статьи печатаются бесплатно



Published since
January 2004 г.

Energo- i resursosberezhenie: Promyshlennost' i transport (Energy and Resource Saving: Industry and Transport) science-technical journal

ISSN 2500-0586

Journal is registered in the Federal Service for supervision
of communications, information technology and mass media
(Roscomnadzor) registration certificate:
ПН .N° (ФЧ77-64543, registration date: 22 January 2016

Editor-in-chief

V. I. Lysak – Corresponding
Member of RAS, D. Sc. (Technical),
Professor,
Rector of VSTU

Editorial Board:

I. I. Artuchov – D. Sc. (Engineering), Prof.,
SSTU., Saratov
A. V. Baranov – D. Sc. (Physical and Math.),
Prof., Gubkin University, Moscow.
A. B. Golovanchikov – D. Sc. (Engineering),
Prof., VSTU, Volgograd
A. E. Gorodetskij – D. Sc. (Engineering),
Prof., IPME, St. Petersburg
A. P. Darmanyan – D. Sc. (Engineering),
Prof. VSAU, Volgograd
A. M. Ivanov – D. Sc. (Engineering), Prof.,
MADI, Moscow
V. V. Korotaev – D. Sc. (Engineering), Prof.,
ITMO University, St. Petersburg
O. G. Kotiev – D. Sc. (Engineering), Prof.,
BMSTU, Moscow
A. A. L'vov – D. Sc. (Engineering), Prof.,
SSTU., Saratov
M. Clemens – D. Sc. (Engineering), Prof.,
University of Stuttgart, Germany
V. A. Markov – D. Sc. (Engineering), Prof.,
BMSTU, Moscow
A. V. Navrotsky – D. Sc. (Chemistry), Prof.,
VSTU, Volgograd
A. A. Revin – D. Sc. (Engineering), Prof.,
VSTU, Volgograd
B. V. Skvortsov – D. Sc. (Engineering), Prof.,
Samara University, Samara
O. A. Tishin – D. Sc. (Engineering), Prof.,
VSTU, Volgograd
E. A. Fedyanov – D. Sc. (Engineering), Prof.,
VSTU, Volgograd
V. M. Shapovalov – D. Sc. (Engineering),
Prof., VSTU, Volgograd
V. M. Sharipov – D. Sc. (Engineering),
Prof., UMeCh, Moscow
A. N. Shilin – D. Sc. (Engineering), Prof.,
VSTU, Volgograd

Executive Secretary

Yu. V. Arisova – PhD, Associate Prof.

The journal is distributed by subscription.

Index of the journal in the catalogue
of the Agency «Rospechat» for the Russian
Federation – 94193(OK+OK).

Concerning subscription turn to the editorial
office.

VSTU Publisher tel.:

+7 (8442) 24-84-06,

fax: +7 (8442) 24-84-06,

e-mail: otr@vstu.ru

© Volgograd State Technical University,

«Energo- i resursosberezhenie: promyshlennost' i transport », 2016

**№ 5 (17)
October
2016**

FOUNDER:

**Federal State Budgetary Educational Institution of Higher
Education «Volgograd State Technical University»**

Periodicity: four times per year

Editorial office address:

Russia, 400005, Volgograd, Lenin avenue, 28. Editor-In-Chief:
tel.: +7 (8442) 23-00-76 e-mail: rector @vstu.ru

Executive Secretary: +7 (8442) 24-81-05 e-mail:
pahp@vstu.ru

Official website: www.vstu.ru

Published by the decision of editorial review board of Volgograd State
Technical University

***The copyright for the journal in general belongs to the Founder, for separate
articles – retained by the authors.***

*Reprint from the journal « Energo- i resursosberezhenie: promyshlennost' i
transport » is strongly forbidden -without conclusion of an agreement in accordance
with the current legislation of the Russia Federation.*

*When reprint the materials, the citation to the journal «Energo- i
resursosberezhenie: promyshlennost' i transport» is obligatory*

The articles are published for free.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абдулгазис А. У. 12

Аксенов Д. В. 16

Ахмедова О. О. 47

Горобцов А. С. 7

Грачева М. Н. 47

Данилов С. В. 23

Долотов А. А. 7, 10

Железнов Е. И. 16

Железнов Р. Е. 16

Захаров Е. А. 44

Иконников Н. К. 31, 51

Карагодина А. Н. 26

Кашманов Р. Я. 23, 35

Кирюхина Е. И. 47

Клементьев Е. В. 7, 10

Куликов А. В. 26

Курапин А. В. 31, 51

Левин Ю. В. 44

Лыков Д. И. 44

Ляшенко М. В. 7, 10

Минатуллаев Ш. М. 35

Моисеев Ю. И. 39

Моисеев Я. Г. 44

Омарова З. К. 23, 25

Пономаренко А. Г. 10

Попов О. А. 39

Потапов П. В. 7, 10, 44

Славуцкий В. М. 31, 51

Соколов-Добрев Н. С. 7, 10

Статирский Р. К. 44

Тершуков Е. Д. 51

Хуранов О. Л. 31

Шеховцов В. В. 7, 10

Шкумат Е. А. 51

Чибанда Э. К. 51

AUTHOR INDEX

- Abdulgazis A. U. *12*
Akhmedova O. O. *48*
Aksenov D. V. *16*
Danilov S. V. *24*
Dolotov A. A. *7, 10*
Gorobtsov A. S. *7*
Gracheva M. N. *48*
Huranov O. L. *32*
Ikonnikov N. K. *32, 51*
Karagodina A. N. *26*
Kashmanov R. J. *24, 35*
Kiryuhina E. I. *48*
Klementiev E. V. *7, 10*
Kulikov V. *26*
Kurapin A. V. *32, 51*
Levin Y. V. *44*
Lyashenko M. V. *7, 10*
Lykov D. I. *44*
Minatullaev SH. M. *35*
Moiseev Ia. G. *44*
Moiseyev Y. I. *39*
Omarova Z. K. *24, 35*
Ponomarenko A. G. *10*
Popov O. A. *39*
Potapov P. V. *7, 10, 44*
Shehovtsov V. V. *7, 10*
Shkumat E. A. *51*
Slavutsky V. M. *32, 51*
Sokolov-Dobrev N. S. *7, 10*
Statirskii R. K. *44*
Tershukov E. D. *51*
Tshibanda E. K. *51*
Zakharov E. A. *44*
Zheleznov E. I. *16*
Zheleznov R. E. *16*

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Горобцов А. С., Ляшенко М. В., Соколов-Добрев Н. С., Шеховцов В. В., Потапов П. В., Клементьев Е. В., Долотов А. А.</i> Многофункциональный испытательный стенд.....	7
<i>Пономаренко А. Г., Ляшенко М. В., Соколов-Добрев Н. С., Шеховцов В. В., Потапов П. В., Клементьев Е. В., Долотов А. А.</i> Оценка влияния энергосберегающей присадки к трансмиссионному маслу на основные показатели работы ведущего моста.....	10
<i>Абдулгазис А. У.</i> Модель бокового увода шины колеса автомобиля.....	12
<i>Железнов Р. Е., Аксенов Д. В., Железнов Е. И.</i> О влиянии геометрических параметров автомобиля на курсовую устойчивость при торможении.....	16
<i>Омарова З. К., Данилов С. В., Каишманов Р. Я.</i> Анализ системы обслуживания пассажиров таксомоторным транспортом в курортных зонах.....	23
<i>Куликов А. В., Карагодина А. Н.</i> Результаты влияния смены формы собственности перевозчика на муниципальную маршрутную сеть пассажирского транспорта малых городов.....	26
<i>Славуцкий В. М., Курапин А. В., Хуранов О. Л., Иконников Н. К.</i> Исследование возможности улучшения показателей процесса подачи топлива при частичных нагрузках тракторного дизеля.....	31
<i>Омарова З. К., Минатуллаев Ш. М., Каишманов Р. Я.</i> Повышение эффективности и качества обслуживания пассажиров на основе использования интеллектуальных транспортных систем.....	35
<i>Моисеев Ю. И., Попов О. А.</i> Способ очистки от конденсата баллонов системы питания двигателя автобуса, работающего на природном газе.....	39
<i>Захаров Е. А., Левин Ю. В., Потапов П. В., Моисеев Я. Г., Статирский Р. К., Лыков Д. И.</i> Снижение расхода сжиженного углеводородного газа ДВС с искровым зажиганием за счет настроек газобаллонного оборудования.....	44
<i>Ахмедова О. О., Грачева М. Н., Кирюхина Е. И.</i> Современное развитие измерительных преобразователей тока для релейной защиты и автоматики в энергетике.....	47
<i>Чибанда Э. К., Славуцкий В. М., Курапин А. В., Шкумат Е. А., Иконников Н. К., Тершуков Е. Д.</i> Анализ возможностей использования пальмового масла как возобновляемого энергоресурса в качестве топлива для дизелей.....	51

CONTENTS

<i>Gorobtsov A. S., Lyashenko M. V., Sokolov-Dobrev N. S., Shehovtsov V. V., Potapov P. V., Klementiev E. V., A. A. Dolotov</i>	
MULTIFUNCTIONAL TEST STAND.....	7
<i>Ponomarenko A. G., Lyashenko M. V., Sokolov-Dobrev N. S., Shehovtsov V. V., Potapov P. V., Klementiev E. V., Dolotov A. A.</i>	
EVALUATION OF INFLUENCE OF ENERGY SAVING ADDITIVE TO TRANSMISSION OIL ON MAIN PARAMETERS OF TRUCK DRIVEN AXLE OPERATION.....	10
<i>Abdulgaziz A. U.</i>	
SIDEWAYS DEFLECTION MODEL OF THE CAR TYRE.....	12
<i>Zheleznov R. E., Aksenov D. V., Zheleznov E. I.</i>	
ABOUT THE INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE VEHICLE ON THE COURSE STABILITY UNDER BRAKING.....	16
<i>Omarova Z. K., Danilov S. V., Kashmanov R. J.</i>	
ANALYSIS OF THE SYSTEM OF PASSENGER SERVICE OF TAXI TRANSPORT IN RESORT ZONES AND WAYS OF THEIR ELIMINATION.....	24
<i>Kulikov V., Karagodina A. N.</i>	
RESULTS OF THE INFLUENCE OF CHANGING FORMS OWN CARRIERS IN THE MUNICIPAL ROUTE NETWORK PASSENGER TRANSPORT SMALL.....	26
<i>Slavutsky V. M., Kurapin A. V., Huranov O. L., Ikonnikov N. K.</i>	
RESEARCHING OPPORTUNITY OF IMPROVEMENT OF FUEL SUPPLY INDICATORS AT PARTIAL LOADS OF TRACTOR DIESEL.....	32
<i>Omarova Z. K., Minatullaev SH. M., Kashmanov R. J.</i>	
IMPROVING THE EFFICIENCY AND QUALITY OF PASSENGER SERVICE THROUGH THE USE OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS.....	35
<i>Moiseyev Y. I., Popov O. A.</i>	
A METHOD OF PURIFYING CONDENSATE FROM THE CYLINDERS OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE ENGINE OF THE BUS RUNNING ON NATURAL GAS.....	39
<i>Zakharov E. A., Levin Y. V., Potapov P. V., Moiseev Ia. G., Statirskii R. K., Lykov D. I.</i>	
CONSUMPTION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS OF SPARK IGNITION INTERNAL COMBUSTION ENGINES DUE TO THE SETTINGS OF LPG EQUIPMENT.....	44
<i>Akhmedova O. O., Gracheva M. N.</i>	
THE MODERN DEVELOPMENT OF THE MEASURING CURRENT TRANSFORMERS FOR RELAY PROTECTION AND AUTOMATION IN THE ENERGY SECTOR.....	48
<i>Tshibanda E. K., Slavutsky V. M., Kurapin A. V., Shkumat E. A., Ikonnikov N. K., Tershukov E. D.</i>	
ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING PALM OIL AS A RENEWABLE ENERGY RESOURCE AS A FUEL FOR DIESEL ENGINES.....	51

*А. С. Горобцов, М. В. Ляшенко, Н. С. Соколов-Добрев, В. В. Шеховцов
П. В. Потапов, Е. В. Клементьев, А. А. Долотов*

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД

Волгоградский государственный технический университет

В статье рассмотрена конструкция созданного в ВолгГТУ многофункционального испытательного стенда для определения основных эксплуатационных характеристик трансмиссий легковых и грузовых автомобилей, позволяющий в широком диапазоне эксплуатационных режимов нагружения определять уровень вибронагруженности элементов трансмиссий, исследовать характер распространения крутильных колебаний по валопроводу, определять общий КПД трансмиссии, уровень шума и вибрации агрегатов, получать характеристики полей их термонагруженности, исследовать влияние параметров системы смазки на изменение эксплуатационных показателей, а также проводить ресурсные испытания трансмиссий либо их узлов.

Ключевые слова: испытательный стенд, испытания трансмиссий, анализ вибронагруженности, виброизмерительная аппаратура.

*A. S. Gorobtsov, M. V. Lyashenko, N. S. Sokolov-Dobrev,
V. V. Shehovtsov, P. V. Potapov, E. V. Klementiev, A. A. Dolotov*

MULTIFUNCTIONAL TEST STAND

Volgograd State Technical University

This article presents construction of tests stand created in VSTU. This multifunctional stand serves for determination of main operational characteristics of cars and trucks transmissions. It is possible to research vibration loads level on transmission elements, character of torsional vibration transfer through shafting, transmission efficiency, influence of lubrication system parameters on transmission operational characteristics and also to perform lifetime test of transmission components using this stand.

Keywords: test stand, transmission test, analysis of vibration loads, vibration measuring equipment.

1. Назначение стенда

Для определения основных эксплуатационных характеристик трансмиссий легковых и грузовых автомобилей на кафедре «Транспортные машины и двигатели» ВолгГТУ на основе опыта предыдущих исследований [1–10] создан многофункциональный испытательный стенд, позволяющий в широком диапазоне эксплуатационных режимов нагружения определять уровень вибронагруженности элементов трансмиссий, исследовать характер распространения крутильных колебаний по валопроводу, определять общий КПД трансмиссии, уровень шума и вибрации агрегатов, получать характеристики полей их термонагруженности, исследовать влияние параметров системы смазки на изменение эксплуатационных показателей, проводить ресурсные испытания трансмиссий либо

их узлов, и т. д. Конструкция стенда позволяет проводить испытания трансмиссий легковых и грузовых автомобилей как с двумя, так и с четырьмя ведущими колесами.

2. Общее устройство стенда

Общее устройство стенда показано на рис. 1.

На стенде по заданию предприятия выполнены исследования отдельных характеристик ведущего моста автомобиля КАМАЗ 5320. Этот мост содержит двухступенчатую коническо-цилиндрическую главную передачу, простой конический дифференциал с четырьмя сателлитами, полностью разгруженные полуоси, заблокированный межосевой дифференциал. Привод стенда осуществляется асинхронным электродвигателем АИР180s2 мощностью 22 кВт через штатную карданную передачу автомобиля. Управление электродвигателем осуществляется ча-

стотным преобразователем Altivar 71. Напряжение моста моментом сопротивления осуществляется с помощью ступичного динамометрического нагружателя Dynapack DP43.

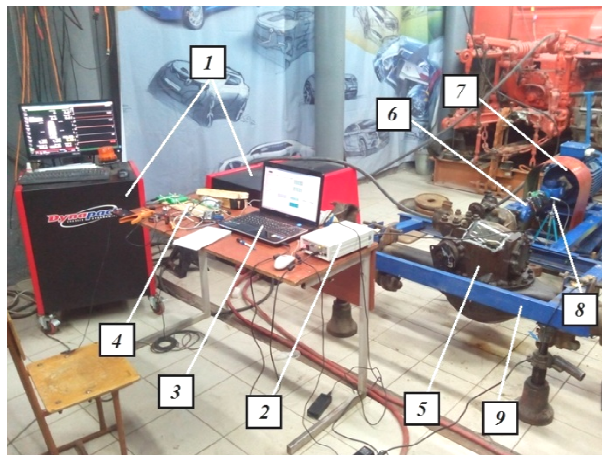


Рис. 1. Общий вид стенда:

1 – нагружающее устройство (ступичный динамометрический стенд Dynapack); 2 – многоканальный анализатор спектра ZET 017-U8; 3 – ЭВМ с программным комплексом Scada Zetview; 4 – набор интеллектуальных интерфейсов ZET; 5 – испытуемый мост; 6 – карданная передача с тензодатчиками; 7 – асинхронный электродвигатель; 8 – оптический датчик BC-401; 9 – рама стенда

Измерение момента на приводном валу карданной передачи осуществляется с помощью тензометрических датчиков ТКФ01-2-200, установленных на валу и соединенных в мостовую схему (рис. 2). Аналого-цифровое преобразование сигнала, поступающего с тензометрической схемы, выполняется с помощью интеллектуального датчика с цифровым выходом ZET

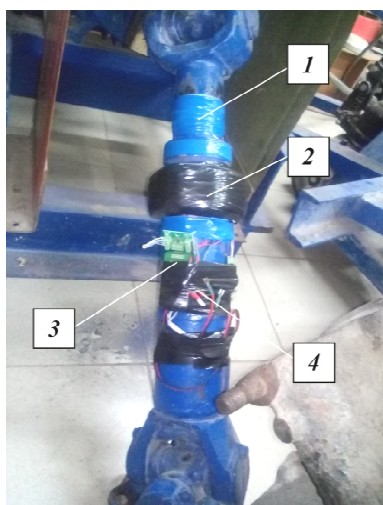


Рис. 2. Карданный вал привода с тензоизмерительной аппаратурой:

1 – место установки тензодатчиков; 2 – элементы питания; 3 – интеллектуальный аналого-цифровой преобразователь ZET 7111; 4 – измерительные и питающие интерфейсы CAN

7111, а преобразование и передача сигнала по радиоканалу – с помощью интеллектуального интерфейса ZET 7172S–ZET 7172M. Преобразование полученного радиосигнала для передачи по USB-интерфейсу на ЭВМ выполняется с помощью интеллектуального преобразователя интерфейса USB-CAN ZET 7174. Визуализация результатов измерений и диалог с оператором реализован в программе, разработанной в среде автоматизации измерений Zetview Scada. Для измерения момента на полуосях моста (рис. 3) использовалась аналогичная аппаратура.

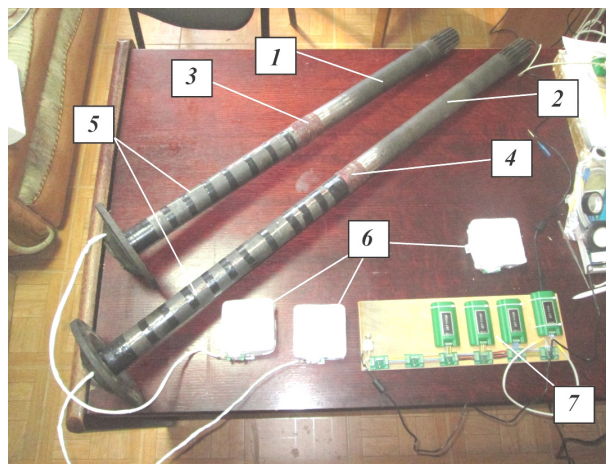


Рис. 3. Полуоси с тензоизмерительной аппаратурой:

1 – левая полуось, 2 – правая полуось, 3, 4 – тензодатчики; 5 – продольные канавки для измерительной цепи; 6 – автономные блоки с интеллектуальными датчиками ZET 7111, преобразователями сигнала в радиоканал ZET 7172S и элементами питания; 7 – интеллектуальные преобразователи радиосигнала в CAN ZET 7172M и преобразователь интерфейса CAN-USB ZET 7174

Для исследования общего уровня вибраций корпуса и определения связи линейных колебаний корпусных элементов с крутильными колебаниями в трансмиссии стенд оснащен виброизмерительной аппаратурой. Измерения виброускорений производятся на корпусе моста, но при необходимости возможно оснащение стенда дополнительными датчиками, расположенными на несущей раме, тормозных хабах нагружающего устройства Dynapack или электродвигателе. Регистрация виброускорений выполняется с помощью акселерометров общего назначения со встроенной электроникой BC 110. Датчики установлены сверху на корпусе в горизонтальной плоскости в четырех контрольных точках. Точки выбраны из условия необходимости определения параметров вертикальных, продольно-угловых и поперечно-угловых колебаний моста при воздействии на него основных эксплуатационных нагрузок. Парамет-

ры продольно- и поперечно-угловых колебаний определяются расчетным путем на основе показаний пары датчиков, расположенных в продольной или поперечной плоскостях. Первая измерительная точка расположена сверху корпуса на вертикальной оси, проходящей через центр масс моста, вторая – на корпусе в плоскости установки левого ступичного подшипника, третья – аналогично в плоскости установки правого ступичного подшипника (рис. 4), четвертая – сверху на корпусе межосевого дифференциала (рис. 5). Для достижения термодинамического равновесия датчики устанавливаются на мост не менее чем за 60 минут до начала испытаний.

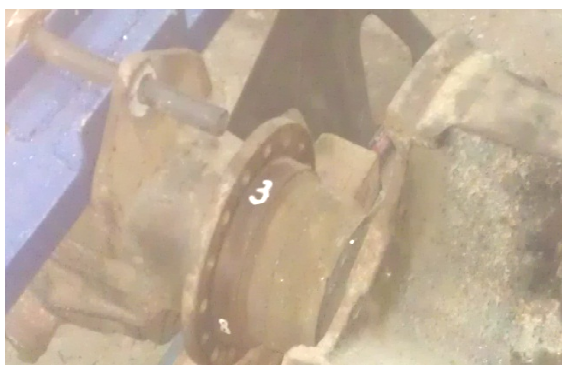


Рис. 4. Место установки вибродатчика на правом кронштейне корпуса



Рис. 5. Место установки вибродатчика на корпусе механизма блокировки

Частота вращения вала электродвигателя и ведущих колес измеряется с помощью трех бесконтактных оптических датчиков ВС-401. Для генерации отраженного сигнала на поверхностях тел вращения установлены оптические метки. Аналогово-цифровое преобразование и передача сигнала от вибро- и оптического датчиков к ЭВМ выполняется с помощью многоканального анализатора спектра ZET 017-U8.

В настоящее время коллективом авторов, наряду с окончательной доводкой и дооснаще-

нием стенда, выполняется разработка его математической модели, что позволит после проверки ее адекватности моделировать различные режимы нагружения и прогнозировать их последствия без проведения длительных натурных испытаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеховцов, В. В. Разработка стендов и управления их динамическими свойствами для испытания трансмиссий тракторов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Волгоградский политехнический институт (ВолгПИ). – Волгоград, 1990. – 22 с.
2. Клементьев, Е. В. Оптимизация упругих характеристик трансмиссии многофункционального диагностического стенда с целью снижения ее динамической нагруженности / Е. В. Клементьев, Н. С. Соколов-Добрев, В. В. Шеховцов // Прогресс транспортных средств и систем – 2013 : матер. междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 24–26 сент. 2013 г. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. – С. 136–137.
3. Клементьев, Е. В. Снижение вибронгруженности многофункционального диагностического стенда от изгибных колебаний во время испытаний АТС / Е. В. Клементьев, Н. С. Соколов-Добрев, В. В. Шеховцов // Прогресс транспортных средств и систем – 2013 : материалы междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 24–26 сент. 2013 г. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. – С. 134–135.
4. Усовершенствование конструктивных параметров испытательного стенда для снижения его динамической нагруженности [Электронный ресурс] / В. В. Шеховцов, Е. В. Клементьев, Н. С. Соколов-Добрев, В. В. Сюньков, А. М. Слюсарев, В. А. Кузьмин // 32nd Seminar of the Students Association for Mechanical Engineering, Warsaw, Poland, 15-17.05.2013: [доклады] / Military University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering. – 1 CD-ROM. – Warsaw, 2013. – P. 1–5.
5. Улучшение конструктивных параметров многофункционального диагностического стенда с целью снижения его динамической нагруженности и улучшения точности измерений / В. В. Шеховцов, Н. С. Соколов-Добрев, К. О. Долгов, Е. В. Клементьев // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 3 (130) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – (Серия «Наземные транспортные системы» ; вып. 8). – С. 51–54.
6. Шеховцов, В. В. Управление динамическими свойствами силовых передач станков / В. В. Шеховцов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – № 11. – С. 32–35.
7. Шеховцов, В. В. Анализ и синтез динамических характеристик автотракторных силовых передач и средств для их испытания : монография / В. В. Шеховцов. – Волгоград : РПК «Политехник», 2004. – 224 с.
8. Методы исследования динамических процессов в узлах силовых передач и системах поддрессирования гусеничных сельскохозяйственных тракторов : учеб. пособ. / М. В. Ляшенко, В. В. Шеховцов, Е. М. Дейниченко, Н. С. Соколов-Добрев ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – 150 с.
9. Целенаправленное формирование собственного частотного спектра стенда для испытания трансмиссий тракторов / В. В. Шеховцов, И. В. Ходес, Вл. П. Шевчук, Н. С. Соколов-Добрев, К. В. Шеховцов // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 2. – С. 50–54.
10. Годжаев, З. А. Оптимальное проектирование валопроводов (на примере тракторов) / З. А. Годжаев, С. С. Дмитриченко, Ф. Я. Губерниев // Вестник машиностроения. – 1992. – № 4.

УДК 629.114.4-235.004

*А. Г. Пономаренко², М. В. Ляшенко¹, Н. С. Соколов-Добрев¹,
В. В. Шеховцов¹, П. В. Потапов¹, Е. В. Клементьев, А. А. Долотов¹*

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ПРИСАДКИ
К ТРАНСМИССИОННОМУ МАСЛУ НА ОСНОВНЫЕ
ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ВЕДУЩЕГО МОСТА**

¹Волгоградский государственный технический университет

²Южный федеральный университет

В статье описаны результаты сравнительных стендовых испытаний ведущего моста грузового автомобиля, в котором для смазки используется традиционное трансмиссионное масло и модифицированное масло со специальной присадкой. В ходе испытаний оценивалось влияние модифицированной смазки на изменение коэффициента полезного действия моста за счет уменьшения потерь на трение, а также ее влияние на термонагруженность элементов трансмиссии в процессе испытаний.

Ключевые слова: стендовые испытания, показатели работы ведущего моста, энергосберегающая присадка, модифицированное масло.

*A. G. Ponomarenko², M. V. Lyashenko¹, N. S. Sokolov-Dobrev¹,
V. V. Shehovtsov¹, P. V. Potapov¹, E. V. Klementiev¹, A. A. Dolotov¹*

**EVALUATION OF INFLUENCE OF ENERGY SAVING ADDITIVE TO TRANSMISSION
OIL ON MAIN PARAMETERS OF TRUCK DRIVEN AXLE OPERATION**

¹Volgograd State Technical University

²Southern federal university

This article describes results of comparative stand tests of truck driven axle for cases when standard transmission oil and oil modified using special additive were used. Influence of modified oil on efficiency coefficient change due decreasing of friction losses and also on thermo tension of transmission elements during tests was evaluated.

Keywords: stand tests, driven axle operation parameters, energy saving additive, modified oil

1. Объект исследования и описание задачи

Авторским коллективом выполнено исследование влияния присадки в трансмиссионном масле на основные показатели работы ведущего моста грузового автомобиля. Этот мост является конечным элементом силовой цепи трансмиссии, воспринимает существенные нагрузки, и показатели его работы могут значительно влиять на характеристики всей трансмиссии.

Основным показателем, с помощью которого оценивалась эффективность механической передачи, являлся коэффициент полезного действия (КПД). КПД зависит от множества факторов (количество пар зацепления, их тип, количество и параметры поверхностей трения, температура и т. д.). Кроме влияния на КПД, качество трансмиссионного масла также может влиять на термонагруженность элементов трансмиссии, их шумность и виброактивность [1, 2].

Для оценки влияния энергосберегающих присадок для трансмиссионного масла на рабочие характеристики моста выполнены сравнительные стендовые испытания работы моста со

стандартным и модифицированным маслом в одинаковых условиях работы. Кроме того, учитывалась возможность влияния накопления эффекта действия модифицированного масла на работу механизмов моста в зависимости от условного пробега (далее пробега) машины.

2. Условия проведения испытаний и оборудование

Для испытаний в качестве нагружающего устройства использовался стенд ступичный динамометрический Dynapack DP43 [3], в качестве объекта испытаний использован ведущий мост автомобиля КАМАЗ 5320. Привод стенда осуществляется с помощью асинхронного электродвигателя АИР180s2 [3, 4, 5]), который соединен с фланцем моста с помощью штатного карданного вала автомобиля. Управление электродвигателем осуществляется с помощью частотного преобразователя Altivar 71 [3]. Тепловые характеристики моста оценивались с помощью тепловизора Testo t890-1. Регистрация виброускорений на корпусе моста проводилась с помощью акселерометра общего назначения со встроенной электроникой ВС 110. Частота

вращения вала электродвигателя измерялась с помощью бесконтактного оптического датчика ВС-401. Крутящий момент на валу электродвигателя измерялся с помощью четырех тензорезисторов ТКФ01-2-200 [6], наклеенных на вал по мостовой схеме.

Для моста со стандартным маслом (минеральное масло Газпромнефть ТСП-15k, рекомендованное заводом; объем 7,7 литра в соответствии с руководством по эксплуатации автомобиля КАМАЗ) испытания проводились до достижения им установившейся номинальной температуры в некоторой точке (было принято, что температура считается установившейся, если ее изменение в течение часа не превышает $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ с учетом постоянства температуры в помещении).

Затем в масло добавлялась энергосберегающая присадка и эксперимент повторялся; при этом через каждые 100 км условного пробега фиксировались крутящий момент, мощность, температура, уровень структурного шума. Частота вращения вала электродвигателя (1700 об/мин) соответствовала скорости движения автомобиля 50 км/ч; общее время испытаний составило 20 часов.

3. Результаты испытаний

На рис. 1 показаны полученные графики изменения мощности и крутящего момента на валу привода и на выходных звеньях от величины условного пробега по результатам испытаний моста с модифицированным маслом.

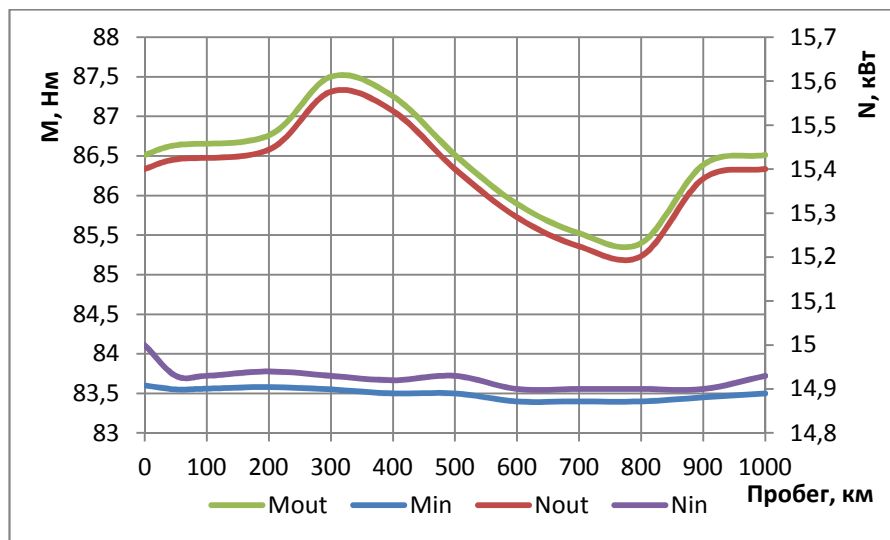


Рис. 1. Зависимости мощности и крутящего момента на валу привода и на выходных звеньях от величины условного пробега

График показывает (на нем приведены усредненные значения, поскольку зависимость момента от времени представляет собой цифровую осциллограмму), что относительное изменение параметров моста (а, значит, и КПД) по

сравнению с параметрами моста со стандартным маслом составляет 1,1 %.

На рис. 2 приведены термограммы корпуса моста при испытаниях со стандартным и модифицированным маслами.

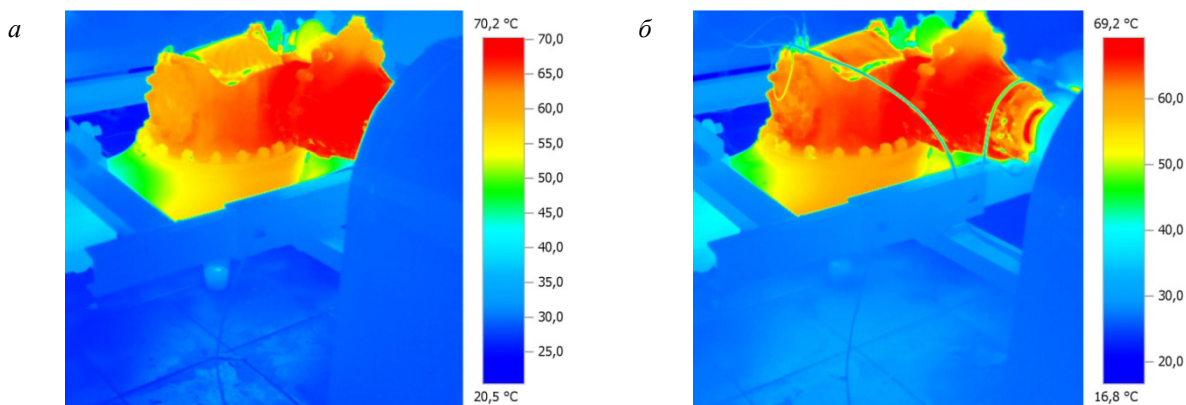


Рис. 2. Термограммы корпуса моста:

а – при использовании стандартного масла; б – при использовании модифицированного масла

Оценка потери мощности в механизмах моста показала, что относительное уменьшение этих потерь при использовании модифицированного масла составляет около 8,5 %. Таким образом, в результате испытаний установлено положительное влияние присадки на уменьшение потерь и повышение вследствие этого КПД механизмов моста.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеховцов, В. В. Разработка стендов и управления их динамическими свойствами для испытания трансмиссий тракторов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Волгоградский политехнический институт (ВолгПИ). – Волгоград, 1990. – 22 с.
2. Годжаев, З. А. Современные конструкторско-технологические методы создания и испытаний мобильных транспортных средств / З.А. Годжаев, В.В. Шеховцов // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 12 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – (Серия «Наземные транспортные системы»; вып. 4). – С. 5–8.
3. Улучшение конструктивных параметров многофункционального диагностического стенда с целью снижения его динамической нагруженности и улучшения точности измерений / В. В. Шеховцов, Н. С. Соколов-Добрев, К. О. Долгов, Е. В. Клементьев // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 3 (130) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. (Серия «Наземные транспортные системы»; вып. 8). – С. 51–54.
4. Шеховцов, В. В. Управление динамическими свойствами силовых передач стендов / В. В. Шеховцов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – № 11. – С. 32–35.
5. Шеховцов, В. В. Анализ и синтез динамических характеристик автотракторных силовых передач и средств для их испытания : монография. – Волгоград : РПК «Политехник», 2004. – 224 с.
6. Методы исследования динамических процессов в узлах силовых передач и системах поддрессирования гусеничных сельскохозяйственных тракторов : учеб. пособ. / М. В. Ляшенко, В. В. Шеховцов, Е. М. Дейниченко, Н. С. Соколов-Добрев; ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – 150 с.

УДК 629.113.0125

А. У. Абдулгизис

МОДЕЛЬ БОКОВОГО УВОДА ШИНЫ КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ

Крымский инженерно-педагогический университет

Разработаны динамическая и математическая модели бокового увода эластичной шины колеса автомобиля. Получена аналитическая зависимость коэффициента сопротивления боковому уводу шин от линейной скорости автомобиля, их боковой и радиальной жесткости, нормальной нагрузки на шину, свободного радиуса колеса и приведенной к колесу части массы автомобиля.

Ключевые слова: боковой увод шины, боковая сила, колесо автомобиля, линейная скорость автомобиля, жесткостная характеристика шины

A. U. Abdulgazis

SIDEWAYS DEFLECTION MODEL OF THE CAR TYRE

Crimean State Engineering and Pedagogical University

Dynamic and mathematic sideways deflection models of the car elastic tyre are worked out. As a result the following data were received: analytical dependence of resistance factor to sideways tyre deflection on linear car speed, its side and radial stiffness, normal load on the tyre, the free radius of the wheel and part of the car mass adjusted to the wheel.

Keywords: sideways deflection of the tyre, sideway force wheel, car linear speed, stiff characteristic of the tyre.

Введение

Сопротивление боковому уводу шины оказывает существенное влияние на устойчивость и управляемость автомобиля. Процесс бокового деформирования шины представляет собой сложное явление. Используются различные модели бокового увода шин. Однако в известных моделях не рассмотрена взаимосвязь углов бокового увода с жесткостными и нагрузочными характеристиками шин, а также с параметрами автомобиля.

В настоящей статье предложены динамическая и математическая модели, определяющие взаимосвязь углов увода шины с ее жесткостными характеристиками, действующей на колесо боковой силой и приведенной к колесу массой автомобиля.

Анализ последних достижений и публикаций

Явление бокового увода колеса с пневматической шиной впервые определил Г. Брулье в 1925 г. [1]. Результаты первого эксперимен-

тального исследования этого явления были опубликованы в работе Г. Беккера, Х. Фрома, Х. Ларуна в 1931 году [2]. Подробный анализ исследований явления бокового увода колеса с пневматической шиной выполнен А. С. Литвиновым [3]. Зависимость, предложенная Я. М. Певзнером [4], связывает между собой угол бокового увода δ с действующей на колесо боковой силой P_y

$$P_y = K_y \cdot \delta, \quad (1)$$

где K_y – коэффициент сопротивления боковому уводу шины.

Зависимость (1) используется при малых значениях угла увода δ [3–5]. Упрощенный вид зависимости боковой силы от угла бокового увода приведен на рис. 1 [5,6].

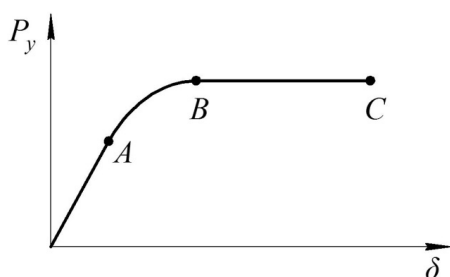


Рис. 1. Упрощенный вид зависимости боковой силы от угла бокового увода [5, 6]

Кривая $P_y(\delta)$ разделена на три участка: линейный наклонный, криволинейный и линейный горизонтальный. Линейный наклонный участок OA (рис. 1) соответствует уводу без

скольжения при постоянном значении K_y в уравнении (1). Участок AB – качению с уводом и частичным проскальзыванием. Линейный горизонтальный участок BC соответствует чистому скольжению. Для участков AB и BC в известной литературе [3, 5–7] также используется уравнение (1), но с переменным значением коэффициента сопротивления уводу K_y . В работе Д. А. Антонова [7], в которой используется нелинейная теория увода, зависимость (1) представлена в следующем виде:

$$P_y = K_y \delta = q K_{yOЭ} \delta = q_N \cdot q_\tau \cdot q_\phi \cdot q_V \cdot q_Z \cdot q_W \times \\ \times q_{TP} \cdot q_{ZY} \cdot q_{HY} \cdot K_{YO}, \quad (2)$$

где q – общий коэффициент коррекции коэффициента увода; $q_N, q_\tau, q_\phi, q_V, q_Z, q_W, q_{OЭ}, q_{ZY}, q_{HY}$ – коэффициенты коррекции, учитывающие перераспределение нормальной реакции между колесами, влияние касательных (в пятне контакта колеса с дорогой) нагрузок, изменение сцепных свойств колеса с дорогой, изменение угла наклона колес к опорной поверхности при крене, влияние давления воздуха в шине, влияние задних направляющих колес, нелинейность зависимости боковой силы от угла увода, колебания неподдрессоренной массы автомобиля, учета грунтовой дороги; $K_{yOЭ}$ – коэффициент сопротивления боковому уводу шины при линейной теории увода.

Для учета влияния перераспределения нормальных реакций между колесами автомобиля в работе [3] предложена зависимость:

$$K_y = K_{y\max} \left[2,4 \frac{R_z}{R_{zopt}} - 1,8 \left(\frac{R_z}{R_{zopt}} \right)^2 + 0,4 \left(\frac{R_z}{R_{zopt}} \right)^3 \right] = K_{y\max} q_N, \quad (3)$$

где R_z – текущее значение нормальной реакции дороги на колесе; $R_{y\max}$ – максимальное значение коэффициентов сопротивления боковому уводу; R_{zopt} – нормальная реакция на колесе, соответствующая получению $R_{y\max}$.

В работе [7] определено

$$K_y = K_{y0} \sqrt{1 - \left(\frac{R_y}{\phi R_z} \right)^2} = K_{y0} q_T, \quad (4)$$

где K_{y0} – тангенс угла наклона прямой на участке OA (рис. 1); R_x – касательная реакция дороги на колеса; ϕ – коэффициент сцепления колеса с дорогой.

В работе [5] отмечено, что использование системы коэффициентов коррекции усложняет моделирование процесса движения автомобиля

в случае применения нелинейной теории качения с уводом эластичного колеса. Авторами указанной работы предложена зависимость, хорошо коррелируемая с экспериментальными данными, приведенными в работе [3]

$$P_y = P_{y\max} \frac{\delta}{K + \delta}, \quad (5)$$

где $P_{y\max}$ – максимальное значение боковой силы, соответствующее линейному горизонтальному участку BC (рис. 1); K – постоянный коэффициент для конкретной конструкции шины при заданном значении в ней внутреннего давления воздуха.

В работе [5] для модели (5) определено выражение для коэффициента сопротивления боковому уводу

$$K_y = \frac{K_{y0} \delta}{\left(1 + \frac{K_{y0} \delta^2}{P_{y\max}}\right)^2}, \quad (6)$$

или

$$K_y = \frac{K_{y0} \delta}{\left(1 + \frac{K_{y0} \delta^2}{\sqrt{\varphi^2 R_z^2 - R_x^2}}\right)^2}, \quad (7)$$

Однако выражения (5)–(7) построены в результате аппроксимации экспериментальных зависимостей, что не позволяет анализировать влияние на боковой увод шины таких факторов как радиальная и боковая жесткости шины, скорость движения, приведенная к колесу масса автомобиля.

Цель и постановка задач исследования

Целью исследования является разработка динамической и математической моделей бокового увода эластичной шины колеса автомобиля.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить аналитическую зависимость, связывающую боковую силу с углом бокового увода шины колеса;
- провести анализ полученной аналитической зависимости.

Определение аналитической зависимости

На рис. 2 показан механизм образования бокового увода эластичной шины при действии боковой силы. Боковая сила, действующая на колесо (и, ответная ей, боковая реакция дороги), вызывает боковую деформацию шины. Эта деформация носит колебательный характер, поскольку при входе элемента шины в контакт

с дорогой она постепенно растет от нуля до максимума, а затем уменьшается от максимума до нуля. Максимальная боковая деформация шины

$$Y_{\max} = \frac{P_y}{C_y}, \quad (8)$$

где C_y – боковая жесткость шины.

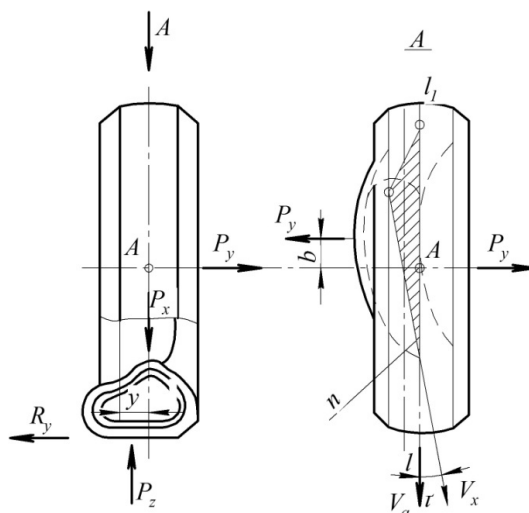


Рис. 2. Механизм образования бокового увода эластичной шины при действии боковой силы

Время создания максимальной деформации $Y_{\max}$ элемента колеса.

$$T_0 = \frac{2V_0}{L_k}, \quad (9)$$

где V_0 – линейная скорость оси колеса; L_k – длина пятна контакта колеса с дорогой

$$L_k = 2r_0 \sin \frac{\alpha}{2} = 2r_0 \sqrt{1 - \cos^2 \frac{\alpha}{2}}, \quad (10)$$

где r_0 – свободный радиус колеса; α – центральный угол, соответствующий хорде, равной длине пятна контакта колеса с дорогой (рис. 3).

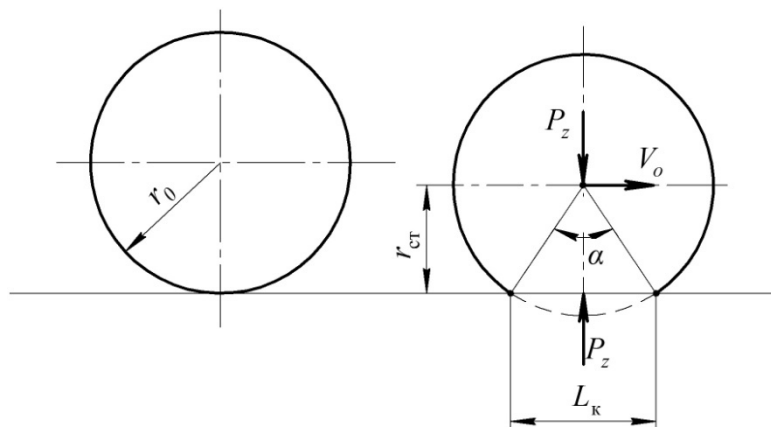


Рис. 3. Схема к определению параметров деформируемого колеса.
Радиальная деформация шины

$$R_r = r_0 - r_{ca} = r_0 - r_0 \cos \frac{\alpha}{2} = r_0 (1 - \cos \frac{\alpha}{2}) = \frac{P_z}{C_z}, \quad (11)$$

где $r_{ст}$ – статический радиус колеса (рис. 2); C_z – радиальная жесткость шины.

Из уравнения (11) определим

$$\cos \frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{P_z}{C_z r_0}, \quad (12)$$

Выражение (9) с учетом (10) и (12) примет вид:

$$T = \frac{V_0}{r_0 \sqrt{1 - (1 - \frac{P_z}{C_z r_0})}}, \quad (13)$$

Уравнение колебаний элемента шины

$$m_{i8} \ddot{Y} + C_y Y = P_y, \quad (14)$$

или

$$\ddot{Y} + k^2 Y = \frac{P_y}{m_{i8}}, \quad (15)$$

где m_{i8} – приведенная к колесу часть массы автомобиля.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения второго порядка имеем в виде:

$$\bar{Y} = A \cos(\sqrt{\frac{C_y}{m_{np}}} t) + B \sin(\sqrt{\frac{C_y}{m_{np}}} t). \quad (16)$$

Частное решение

$$Y_0 = \frac{P_y}{C_y} \quad (17)$$

Таким образом,

$$Y = \frac{P_y}{C_y} + A \cos(\sqrt{\frac{C_y}{m_{np}}} t) + B \sin(\sqrt{\frac{C_y}{m_{np}}} t), \quad (18)$$

Учитывая граничные условия (при $t=0$; $y=0$; $\dot{y}=0$), определим коэффициенты A и B , где

$$A = -\frac{P_y}{C_y}, \quad (19)$$

$$B=0. \quad (20)$$

Уравнение (18) после постановки в него (19) и (20) примет вид:

$$Y_0 = \frac{P_y}{C_y} \left[1 - \cos(\sqrt{\frac{C_y}{m_{np}}} t) \right]. \quad (21)$$

Линейная скорость бокового перемещения колеса

$$\bar{Y} = V_y - \frac{P_y}{C_y} \sqrt{\frac{C_y}{m_{np}}} \sin(\sqrt{\frac{C_y}{m_{np}}} t). \quad (22)$$

При $f=T$ (в точке максимальной боковой деформации шины)

$$V_y = \frac{P_y}{C_y} \sqrt{\frac{C_y}{m_{i8}}} \sin \left(\sqrt{\frac{C_y}{m_{i8}}} \frac{V_0}{r_0 \sqrt{1 - \left(1 - \frac{P_z}{C_z r_0}\right)^2}} \right), \quad (23)$$

$$\text{или } V_y = \frac{P_y}{\sqrt{C_y m_{i8}}} \sin \left(\frac{V_0}{r_0} \sqrt{\frac{C_y}{m_{i8}}} \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{P_z}{C_z r_0}\right)^2}} \right), \quad (24)$$

$$\text{tg } \delta = \frac{V_y}{V_0} = \frac{P_y}{V_0 \sqrt{C_y m_{i8}}} \sin \left(V_0 \sqrt{\frac{C_y C_z}{m_{i8} P_z \left(2r_0 - \frac{P_z}{C_z}\right)}} x \right). \quad (25)$$

Принимая, что $\delta = \text{tg } \delta$ при малых значениях угла δ , определим коэффициент сопротивления боковому уводу шины из уравнения (1)

$$R_y = \frac{P_y}{\text{tg } \delta} = \frac{V_0 \sqrt{C_y m_{i8}}}{\sin \left(V_0 \sqrt{\frac{C_y C_z}{m_{i8} P_z \left(2r_0 - \frac{P_z}{C_z}\right)}} \right)}. \quad (26)$$

Выражение (26) определяет зависимость коэффициента сопротивления боковому уводу шины от конструктивных и эксплуатационных параметров шины и автомобиля.

Анализ полученной зависимости

Анализ зависимости (26) показывает, что коэффициент R_y сопротивления боковому уводу шин зависит от линейной скорости оси колеса боковой C_y и радиальной C_z жесткостей шин, нормальной нагрузки P_z на колесо, свободного радиуса r_0 колеса и приведенной к колесу массы автомобиля. Принимая допущение того, что

$$\sin \left(V_0 \sqrt{\frac{C_y C_z}{m_{i8} P_z \left(2r_0 - \frac{P_z}{C_z}\right)}} \right) \cong V_0 \sqrt{\frac{C_y C_z}{m_{i8} P_z \left(2r_0 - \frac{P_z}{C_z}\right)}}, \quad (27)$$

преобразуем выражение (26) к виду:

$$K_y \cong m_{i8} \sqrt{\frac{P_z}{C_z} \left(2r_0 - \frac{P_z}{C_z}\right)} \quad (28)$$

В упрощенном выражении (28) отсутствует линейная скорость оси колеса. Результаты экспериментальных исследований, приведенные в работе [3 (рис. 43)] подтверждают незначи-

тельность влияния скорости движения автомобиля на коэффициент сопротивления боковому уводу шин. В упрощенную формулу (28) также не входит боковая жесткость шины C_y .

Выводы

1. В результате проведенного исследования получена аналитическая зависимость коэффициента сопротивления боковому уводу шины от линейной скорости автомобиля, боковой и радиальной жесткости шины, нормальной нагрузки на шину, свободного радиуса колеса и приведенной к колесу части массы автомобиля.

2. Полученная упрощенная зависимость коэффициента сопротивления боковому уводу шины не включает в себя линейную скорость автомобиля и боковую жесткость шин. Последнее обстоятельство является интересным и требует дополнительного исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Brouhiet G. La Suspension de la direction de la direction de la voiture automobile. Schimmi et dandinement. "Societe des Ingenieurs Civils de France", 1925, Bulletin 78.
2. Becker G., Fromm H., und Marunu H. Schwingungen in Automobilen Kunden, Berlin, 1931.
3. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А. С. Литвинов. – М. : Машиностроение, 1971. – 416 с.
4. Певзнер, Я. М. Боковой увод автомобиля / Я. М. Певзнер // В кн. «Автомобильный мотор». – М. : Изд-во Наркомхоза РСФСР, 1939. – № 4. – 51 с.
5. Подригало, М. А. Модель нелінійного відведення еластичного колеса автомобіля / М. А. Подригало, Д. М. Клец // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Випуск 1(21). – 2013. – С. 57–62.
6. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом, Г. С. Гудз, В. А. Демьянюк и др. – Львов : Вища школа, 1974. – 234 с.
7. Антонов, Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – М. : Машиностроение, 1978. – 216 с.

УДК 629.113-592.2

Р. Е. Железнов, Д. В. Аксенов, Е. И. Железнов

О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ НА КУРСОВУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ

Волгоградский государственный технический университет

В статье описана математическая модель процесса торможения одиночного автомобиля и приведены результаты исследования влияния геометрических параметров на устойчивость его движения при торможении в условиях неравномерности действия тормозных механизмов

Ключевые слова: автомобиль, торможение, устойчивость

R. E. Zheleznov, D. V. Aksenov, E. I. Zheleznov

ABOUT THE INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE VEHICLE ON THE COURSE STABILITY UNDER BRAKING

Volgograd State Technical University

This article describes a mathematical model of the process of braking of a single vehicle, and presents the results of research of the influence of geometrical parameters on the stability of its movement under braking in conditions of uneven action of the brake mechanisms.

Keywords: vehicle, braking, stability

Повышение устойчивости автомобиля при торможении возможно за счет применения специальных устройств (регуляторов тормозных сил или антиблокировочных систем), поддержания эксплуатационных факторов на установленном нормативными документами уровне, а также – выбора рациональных значений конструктивных параметров автомобиля и его систем на стадии проектирования, но для этого необходи-

мо знать, как они влияют на его устойчивость.

Рассмотрим влияние основных геометрических параметров автомобиля на курсовую устойчивость при торможении в условиях действия возмущающих факторов. Уравнения, описывающие плоскопараллельное движение центра масс автомобиля, колебания его поддрессоренных и неподдрессоренных частей в процессе торможения запишем в следующем виде

$$\begin{aligned}
m_a \ddot{x}_a &= -R_{x1} - R_{x2}; \\
m_a \ddot{y}_a &= -R_{y1} - R_{y2} + R_{x1} \theta; \\
J_{za} \ddot{\gamma}_a - J_{xa} \ddot{\phi}_a &= M_1 + M_2 + a R_{y1} - b R_{y2}; \\
m_{ап} \ddot{z}_a &= -k_a \dot{z}_a + k_{az} \dot{\alpha}_a - c_a z_a + c_{az} \alpha_a + \sum k_j \dot{\xi}_j + \sum c_j \xi_j; \\
J_{пуа} \ddot{\alpha}_a &= (R_{x1} + R_{x2}) h_g - k_{аа} \dot{\alpha}_a + k_{аз} \dot{z}_a - c_{аа} \alpha_a + c_{аз} z_a - k_1 a \dot{\xi}_1 + \\
&+ k_2 b \dot{\xi}_2 - c_1 a \xi_1 + c_2 b \xi_2; \\
J_{пха} \ddot{\phi}_a &= (R_{y1} + R_{y2}) h_g - R_{x1} \theta h_g - k_{аф} \dot{\phi}_a - c_{аф} \phi_a + k_1 d_{к1} (\dot{\xi}_{1п} - \dot{\xi}_{1л}) + \\
&+ k_2 d_{к2} (\dot{\xi}_{2п} - \dot{\xi}_{2л}) + c_1 d_{к1} (\xi_{1п} - \xi_{1л}) + c_2 d_{к2} (\xi_{2п} - \xi_{2л}); \\
m_{1j} \ddot{\xi}_{1j} &= k_1 (\dot{z}_{1j} - \dot{\xi}_{1j}) - k_{ш1} \dot{\xi}_{1j} + c_1 (z_{1j} - \xi_{1j}) - c_{ш1} \xi_{1j}; \\
m_{2j} \ddot{\xi}_{2j} &= k_2 (\dot{z}_{2j} - \dot{\xi}_{2j}) - k_{ш2} \dot{\xi}_{2j} + c_2 (z_{2j} - \xi_{2j}) - c_{ш2} \xi_{2j},
\end{aligned} \tag{1}$$

где m_a , $m_{ап}$, m_i – масса автомобиля и его поддрессоренных и неподдрессоренных частей; R_{xi} , R_{yi} , R_{zi} – суммарные касательные, боковые и нормальные реакции, действующие на колеса соответствующих осей; $\ddot{x}_a$, $\ddot{y}_a$ – продольное и поперечное ускорения центра масс автомобиля; z_a , α_a , ϕ_a – вертикальные и угловые перемещения поддрессоренных масс автомобиля; M_i – поворачивающие моменты, действующие на соответствующих осях автомобиля; a , b , B_i , h_g – геометрические параметры автомобиля; c_a , $c_{аз}$, $c_{аа}$, $c_{аф}$, k_a , $k_{аз}$, $k_{аа}$, $k_{аф}$ – приведенные конструктивные параметры подвески; ξ_{ij} – вертикальные перемещения неподдрессоренных масс; θ – угол самоповорота управляемых колес относительно шкворней; i, j – соответственно номер оси и колеса.

Одной из основных причин нарушения устойчивости автомобиля при торможении является различие тормозных сил на колесах одноименных осей. Обычно оно вызвано неодинаковой эффективностью действия тормозных механизмов. Назовем колесо с большей эффективностью торможения «отстающим», а с меньшей – «забегающим». Отношение тормозных сил P_{ti} на «забегающем» и «отстающем» колесах назовем коэффициентом начальной неравномерности « k_{hi} ». При экстренном торможении влиянием сил сопротивления качению можно пренебречь. Тогда

$$k_{hi} = P_{т3} / P_{тот} = R_{х3} / R_{хот}, \tag{2}$$

где $R_{х3}$, $R_{хот}$ – касательные реакции на «забегающем» и «отстающем» колесах оси.

Неравенство тормозных сил на колесах одноименных осей приводит к появлению поворачивающих моментов

$$M_{ni} = 0,5 B_i (R_{хот} - R_{х3}) = 0,5 B_i R_{хот} (1 - k_{hi}), \tag{3}$$

искривляющих траекторию автомобиля, и к появлению боковых реакций

$$R_{yij} = q_k k_{yз} \delta_{yj}, \tag{4}$$

где q_k – общий коэффициент коррекции, учитывающий влияние нормальной, касательной и боковой реакций на коэффициент сопротивления уводу; $k_{yз}$ – экстремальное значение коэффициента сопротивления уводу, определяемое по зависимости $k_y = f(R_z)$ [1]; δ_{yj} – углы увода (скольжения) осей тягача

$$\delta_{y1} = \theta - \arctg \frac{V_{ay} - a \dot{\gamma}_a}{V_{ax}}; \quad \delta_{y2} = \arctg \frac{V_{ay} + b \dot{\gamma}_a}{V_{ax}}. \tag{5}$$

В процессе торможения кардинально изменяется соотношение между стабилизирующими и возмущающим моментами, действующими на управляемые колеса автомобиля. Неравенство тормозных сил на колесах управляемой оси приводит к появлению значительного момента M_x от разности тормозных сил, под действием, которого управляемые колеса автомобиля поворачиваются вокруг шкворней в направлении действия момента M_x даже при закреплённом рулевом колесе. В общем случае этот поворот происходит за счет выбора зазоров и упругой деформации деталей рулевого управления. Угол самоповорота управляемых колес θ найдем из уравнения равновесия моментов сил, приложенных к колесам относительно шкворней [2]

$$\ddot{\theta} = \frac{1}{I_k} \left[(R_{x1от} - R_{x1з}) l_{об} - \sum R_{y1} r_k \gamma_{ш} - \sum k_{\delta 1} \delta_{y1} - h_p \dot{\theta} - c_p \theta - M_{тр} \operatorname{sgn} \dot{\theta} \right] \tag{6}$$

где $l_{об} = [l_{ц} - r_k(\beta_{ш} + \alpha_p)]$ – плечо обкатки управляемых колес; i_k – суммарный момент инерции управляемых колес относительно осей шкворней; $l_{ц}$ – длина поворотной цапфы; $\beta_{ш}$, $\lambda_{ш}$ – углы установки шкворней; α_p – угол развала; r_k – радиус колеса; $k_{\delta 1}$ – коэффициент угловой жесткости шин; c_p , h_p , $M_{тр}$ – коэффициенты жесткости и демпфирования и момент сил сухого трения в рулевом управлении.

При повороте управляемых колес в пределах люфта рулевого колеса коэффициент c_p равен нулю.

В процессе торможения в результате дифферента и крена поддресоренных частей автомобиля нормальные реакции на колесах изменяются

$$R_{zij} = R_{zij}^{ст} + R_{zij}^{дин}, \quad (7)$$

где $R_{zij}^{ст}$ – нормальные реакции в статическом состоянии; $R_{zij}^{дин}$ – дополнительное перераспределение вертикальных нагрузок в динамике

$$R_{z1j}^{ст} = \frac{M_a g b}{2L_a}; \quad R_{z2j}^{ст} = \frac{M_a g a}{2L_a};$$

$$R_{zij}^{дин} = c_{шиj} \xi_{ij} + k_{шиj} \dot{\xi}_{ij}. \quad (8)$$

Замедления центра масс автомобиля

$$j_{ax} = \dot{V}_{ax} - V_{ay} \gamma_a; \quad j_{ay} = \dot{V}_{ay} + V_{ax} \gamma_a, \quad (9)$$

где x_a , y_a , γ_a – параметры траектории и курсовой угол автомобиля

$$x_a = x_{a0} + \int_0^t (V_{ax} \cos \gamma_a - V_{ay} \sin \gamma_a) dt;$$

$$y_a = y_{a0} + \int_0^t (V_{ay} \cos \gamma_a + V_{ax} \sin \gamma_a) dt; \quad (10)$$

$$\gamma_a = \gamma_{a0} + \int_0^t \dot{\gamma}_a dt,$$

где x_{a0} , y_{a0} , γ_{a0} – начальные значения параметров траектории и курсового угла.

При исследовании тормозных свойств автомобиля для количественной оценки устойчивости удобно использовать показатель устойчивости η_y , представляющий собой отношение необходимой для торможения ширины проезжей части к минимально допустимой по условиям безопасности движения [2]

$$\eta_y = \frac{B_d - 2y_{gi}}{B_d} = \text{Min} \left(1 - \frac{2|y_a + a_r(-b_r) \sin \gamma_a|}{0,015V_0 + 0,3} \right), \quad (11)$$

где B_d – ширина коридора безопасности; y_{gi} – наибольшее габаритное отклонение крайних точек кузова автомобиля при торможении; a_r , b_r – расстояние от центра масс до крайних точек кузова; V_0 – начальная скорость торможения автомобиля.

Показатель устойчивости может принимать как положительные, так и отрицательные значения, причем положительные значения η_y определяют область устойчивого, а отрицательные – неустойчивого движения.

Оценим влияние геометрических параметров автомобиля на устойчивость его движения при торможении. Примем, что тормозные механизмы на колесах правого борта тормозят более эффективно, чем левого (бортовая неравномерность), а также (для чистоты расчетного эксперимента) не будем учитывать влияние РТС и АБС. При проведении расчетных исследований наряду с математическим моделированием удобно использовать полиномиальные модели, которые позволяют оценить влияние не только отдельных факторов, но и их взаимодействий на величину и характер изменения параметра оптимизации, в данном случае показателя устойчивости. Ниже приведено уравнение регрессии, отражающее влияние геометрических параметров легкового автомобиля полной массой $m_a = 2450$ кг на величину показателя устойчивости при торможении с начальной скорости $V_0 = 60$ км/ч на горизонтальном участке дороги с $\phi_x = 0,7$. Кодированные значения параметров

$$x_i = \frac{\hat{x}_i - \hat{x}_{i0}}{j_i},$$

где x_i – кодированное текущее значение фактора; $\hat{x}_i$ – натуральное текущее значение фактора; $\hat{x}_{i0}$ – натуральное значение нулевого уровня; j_i – натуральное значение интервала варьирования фактора.

Значения уровней и интервалов варьирования факторов указаны в таблице.

Уровни и интервалы варьирования факторов

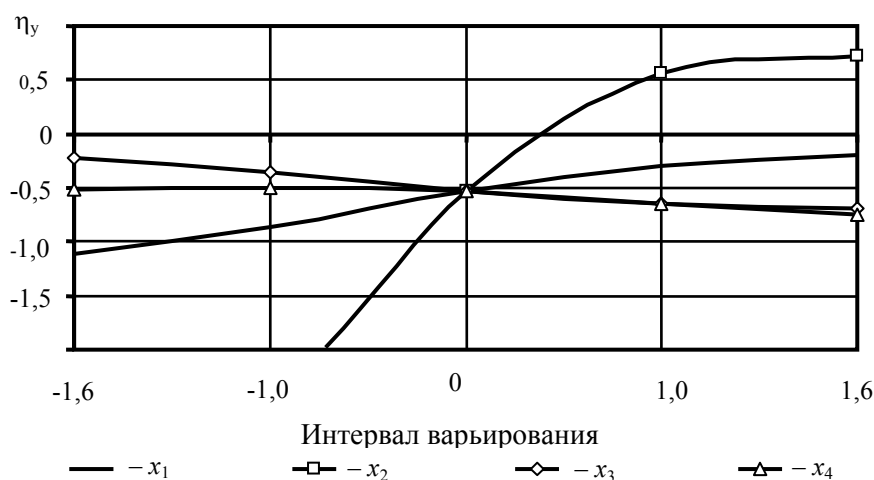
Параметры	Факторы	Уровни варьирования					Интервал варьирования
		-1,6	-1	0	1	1,6	
L_a , м	x_1	2,29	2,38	2,53	2,68	2,76	0,15
k_g	x_2	0,462	0,525	0,631	0,737	0,800	0,106
h_g , м	x_3	0,813	0,870	0,966	1,062	1,120	0,096
B_a , м	x_4	1,403	1,440	1,502	1,564	1,600	0,062
$k_{н1}$	x_5	0,850	0,878	0,925	0,972	1,000	0,047

$$\begin{aligned} \eta_y = & -0,533 + 0,287x_1 + 1,624x_2 - 0,144x_3 - 0,071x_4 + 0,307x_5 - \\ & - 0,288x_1x_2 + 0,059x_1x_3 + 0,008x_1x_4 - 0,067x_1x_5 + 0,215x_2x_3 + \\ & + 0,061x_2x_4 - 0,092x_2x_5 - 0,026x_3x_4 + 0,046x_3x_5 - 0,002x_4x_5 - \\ & - 0,046x_1^2 - 0,525x_2^2 + 0,029x_3^2 - 0,038x_4^2 + 0,082x_5^2, \end{aligned} \quad (12)$$

где x_1 – база автомобиля (L_a), x_2 – расстояние от центра масс автомобиля до передней оси в долях от L_a ($k_g = a/L_a$); x_3 – высота центра масс (h_g); x_4 – колея (B_a); x_5 – коэффициент бортовой неравномерности ($k_{н1,2}$).

Анализ значимости коэффициентов регрессии в уравнении (12) показал, что наибольшее влияние на величину показателя устойчивости из конструктивных параметров автомобиля оказывает положение центра масс x_2 , далее следуют x_1 , x_3 , x_4 . При этом с увеличением базы x_1 и смещением центра масс к задней оси x_2 устойчивость автомобиля повышается, а с увеличением высоты центра масс x_3 и колеи x_4 – снижается (рис. 1). Приведенный график отражает влияние отдельных факторов на величину показателя ус-

тойчивости при фиксированных на нулевом уровне значениях остальных параметров. Как видно, при $k_{н1,2} = 0,925$ ($x_5 = 0$) движение автомобиля в основном не устойчиво ($\eta_y < 0$) и только при $k_g \geq 0,67$ ($x_2 \geq 0,37$) величина показателя η_y становится больше нуля. Рассмотрим механизм влияния факторов на устойчивость автомобиля при торможении на примере параметра k_g (x_2). Начальные значения конструктивных параметров были приняты равными: $L_a = 2,38$ м, $h_g = 0,87$ м, $B_a = 1,44$ м, $k_g = 0,5252$, а коэффициентов $k_{н1,2} = 0,85$. Расчеты показали, что устойчивость автомобиля зависит от величины и направления действия поворачивающих моментов $M_{п1}$ и $M_{п2}$ и от того, колеса какой оси блокируются в процессе торможения.

Рис. 1. Влияние одиночных факторов на величину показателя η_y

Так, при $k_g = 0,5252$ блокируются колеса задней оси, в результате чего изменяются величина и направление действия момента $M_{п1}$ (рис. 2) и снижается способность колес противостоять действию боковых сил. В то же время момент M_{x1} , достигнув максимальной величины, сохраняет направление своего действия на протяжении всего процесса торможения. Под действием момента M_{x1} управляемые колеса поворачиваются относительно шкворней на угол θ (рис. 3) в направлении первоначального действия момента $M_{п1}$, дополнительно искривляя траекторию движения автомобиля. Макси-

мальная величина угла самоповорота управляемых колес, в данном случае, составила $\theta_m = 0,012$ рад, а средняя за время торможения – $\theta_{ср} = 0,0104$ рад. Совместное действие поворачивающего момента $M_{п}$ и самоповорота управляемых колес привело к появлению значительных курсовых отклонений автомобиля (рис. 4) и нарушению устойчивости его движения ($\eta_y = -3,1$). Причем основное влияние на устойчивость, как показал анализ, оказывает самоповорот управляемых колес, способствующий усилению избыточной поворачиваемости автомобиля.

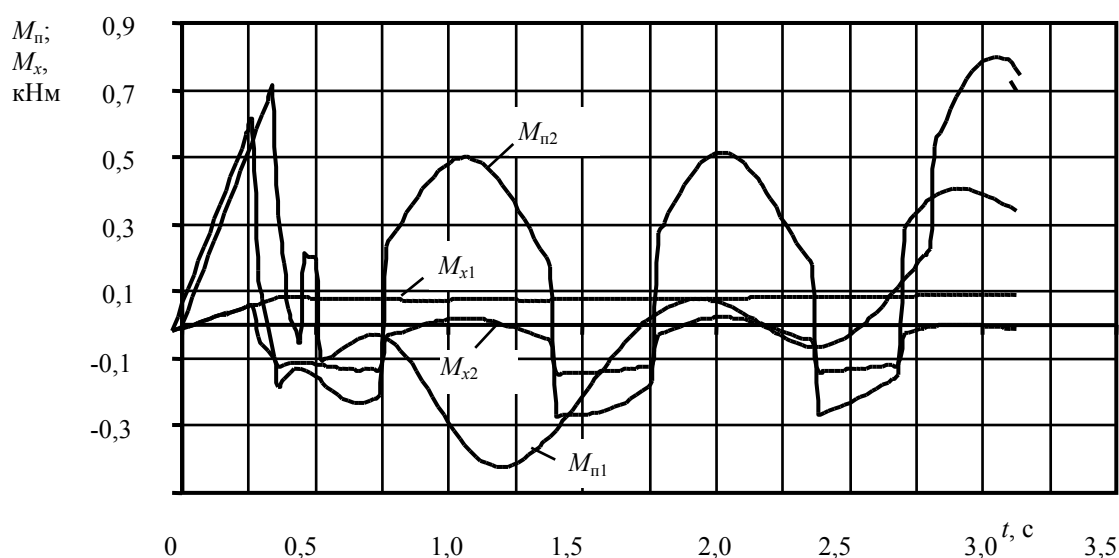


Рис. 2. Влияние коэффициента k_g на величину моментов $M_{п}$ и M_{x} в процессе торможения ($L_a = 2,38$ м):
1 – $k_g = 0,5252$; 2 – $k_g = 0,7370$

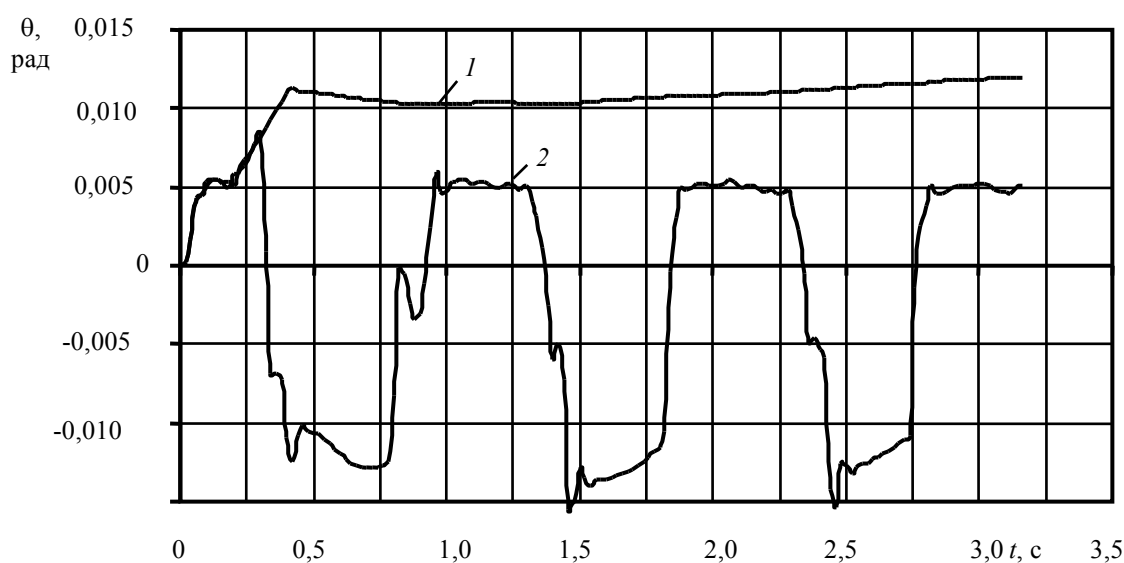


Рис. 3. Изменение угла θ самоповорота управляемых колес в процессе торможения ($L_a = 2,38$ м):
1 – $k_g = 0,5252$; 2 – $k_g = 0,7370$

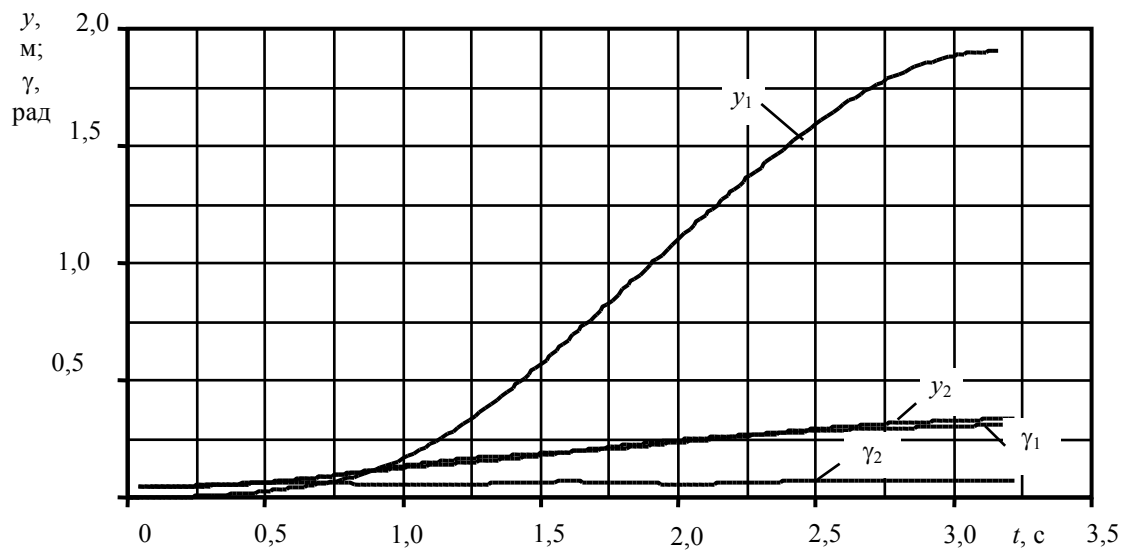


Рис. 4. Изменение курсовых отклонений центра масс автомобиля в процессе торможения ($L_a = 2,38$ м):
 $1 - k_g = 0,5252$; $2 - k_g = 0,7370$

Смещение центра масс к задней оси ($k_g = 0,7370$) приводит к кардинальному изменению баланса действия возмущающих факторов и, как следствие, характера движения автомобиля. Так, в результате увеличения вертикальной нагрузки на колеса задней оси автомобиля они не блокируются и сохраняют способность противостоять действию боковых сил на протяжении всего процесса торможения. Но при этом блокируется «отстающее» колесо управляемой оси, что приводит к уменьшению касательной реакции, действующей на него? и изменению направления действия момента M_{x2} (рис. 2) и, как следствие, появлению обратной фазы самоповорота управляемых колес (рис. 3, кривая 2). В результате изменяется кривизна траектории и происходит перераспределение вертикальных нагрузок между колесами правого и левого бортов автомобиля, вследствие чего блокируется «забегающее» колесо управляемой оси и вновь изменяется направление действия момента M_{x2} (рис. 2) и угол θ (рис. 3). Это, в свою очередь, приводит к перераспределению вертикальных нагрузок и изменению момента M_{x2} , со всеми вытекающими отсюда последствиями. В дальнейшем этот процесс повторяется. Расчеты показали, что при $k_g = 0,7370$ максимальная величина угла самоповорота управляемых колес составила $\theta_m = 0,008$ рад, а средняя за время торможения — $\theta_{cp} = -0,002$ рад. Появление обратной фазы самоповорота управляемых колес изменяет рулевую поворачиваемость автомобиля с избыточной на недостаточную, стабилизирует курсовое движение (рис. 4) и повышает его устойчивость ($\eta_y = 0,42$).

Повышение высоты центра масс h_g усиливает перераспределение вертикальных нагрузок между осями автомобиля и обуславливает более раннее блокирование колес задней оси. Тогда как колеса управляемой оси не блокируются, и их самоповорот оказывает отрицательное влияние на курсовую устойчивость автомобиля на протяжении всего процесса торможения ($\eta_y = -4,82$ при $h_g = 1,22$ м).

С увеличением колеи B_a растет величина поворачивающего момента $M_{п}$, притом, что угол самоповорота управляемых колес остается практически прежним. Поэтому курсовая устойчивость автомобиля с увеличением B_a снижается ($\eta_y = -3,46$ при $B_a = 1,6$ м), но незначительно.

Из парных взаимодействий геометрических параметров наибольшее влияние на курсовую устойчивость автомобиля при торможении оказывают взаимодействия x_1x_2 ($L_a k_g$) и x_2x_3 ($k_g h_g$) (рис. 5). Причем с увеличением параметров L_a и k_g величина показателя устойчивости растет ($\eta_y = 0,22$), но остается меньше, чем при увеличении только k_g ($\eta_y = 0,42$). Это объясняется сокращением продолжительности обратной фазы самоповорота управляемых колес и более ранним их блокированием. Одновременное увеличение параметров h_g и k_g позволяет полнее использовать обратный самоповорот управляемых колес для стабилизации движения автомобиля. В данном примере, несмотря на увеличение h_g , блокируется только отстающее колесо управляемой оси, а колеса задней оси не блокируются и сохраняют способность противостоять действию боковых

сил на протяжении всего процесса торможения. В результате средний за время торможения угол самоповорота управляемых колес составил $\theta_{\text{ср}} = -0,005$ рад, а показатель $\eta_y = 0,27$.

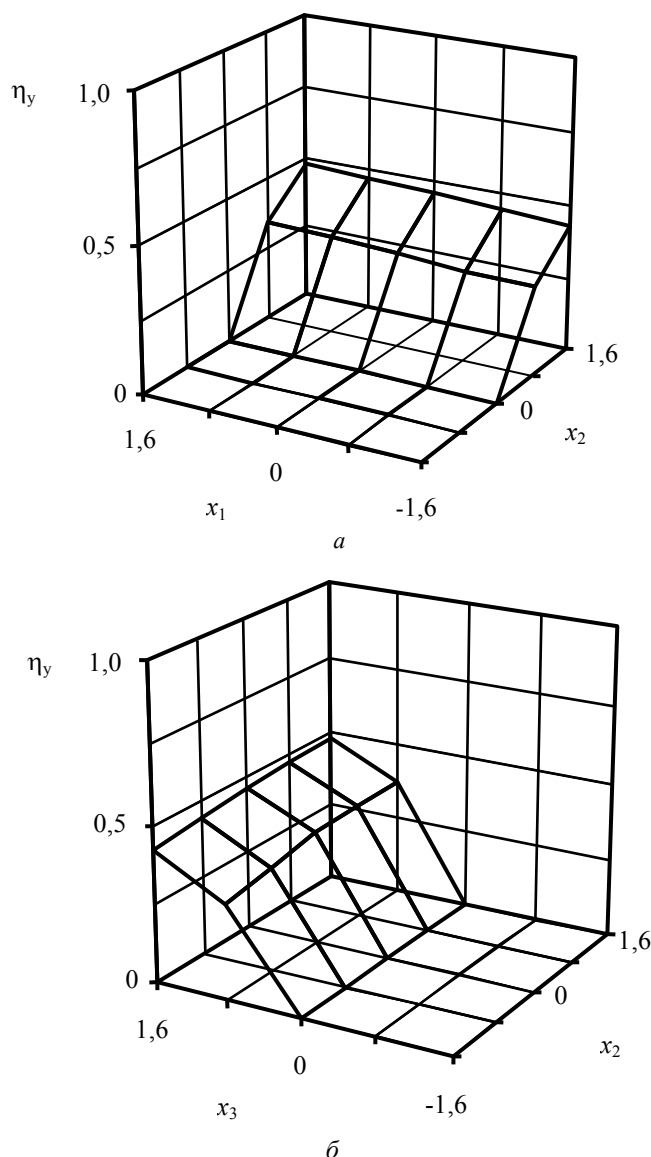


Рис. 5. Влияние парных взаимодействий факторов на величину показателя устойчивости автомобиля при торможении

С увеличением неравномерности торможения колес (уменьшение x_5) влияние параметров L_a , k_g и h_g на величину показателя устойчивости растет, а B_a – снижается (формула 12 и рис. 6).

Поиск оптимальных значений компонентных параметров по критерию устойчивости при торможении показал, что наилучшему их сочетанию соответствуют значения,

при которых сохраняется устойчивость движения колес задней оси и появляется обратная фаза самоповорота управляемых колес, то есть формируется недостаточная поворачиваемость автомобиля. При этом возможен выход значений ряда параметров (в данном примере L_a , k_g) за пределы интервалов варьирования факторов.

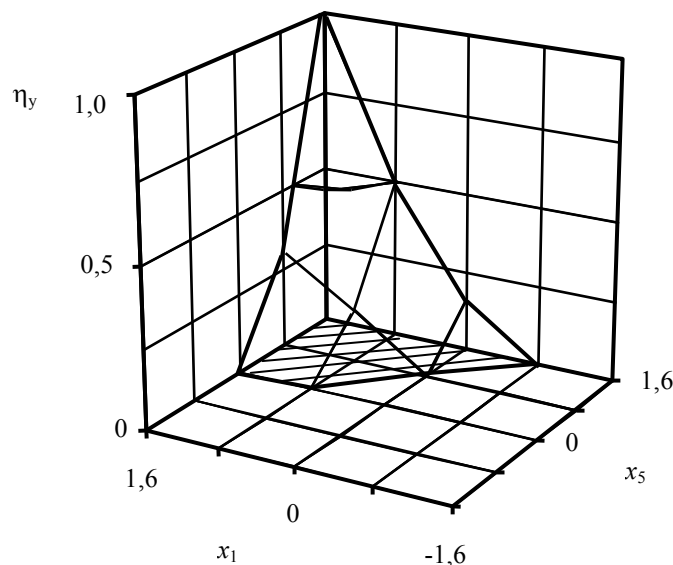


Рис. 6. Влияние взаимодействия факторов x_1, x_5 на величину показателя устойчивости автомобиля при торможении

В целом же исследования показали, что только за счет оптимизации компоновочных параметров решить задачу повышения устойчивости автомобиля при торможении не удастся. Тем более что их значения зависят от эффектов взаимодействия с коэффициентами неравномерности. Необходимо комплексное решение проблемы, включающее в себя и такие мероприятия, как, например, снижение допустимой величины неравномерности действия тормозных механизмов и применение отрицательного плеча обкатки управляемых колес. Допустимые значения коэффициентов неравномерности можно найти, используя графики аналогичные приведенному на рис. 6, где заштрихованная область в основании графика зависимости $\eta_y = f(L_a, k_{ni})$ характеризует предельные значения коэффициентов k_{ni} в функции ба-

зы L_a , при которых обеспечивается устойчивость движения автомобиля в процессе торможения. Применение отрицательного плеча обкатки $l_{об}$ позволит сформировать недостаточную рулевую поворачиваемость автомобиля и тем самым повысить его устойчивость. Расчеты показали, что при $l_{об} = -0,04$ м автомобиль становится устойчивым ($\eta_y = 0,14$), даже при $k_g = 0,5252$ и $k_{n1,2} = 0,85$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов, Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – М. : Машиностроение, 1978. – 216 с.
2. Железнов, Е. И. К оценке устойчивости автомобиля при торможении / Е. И. Железнов // Динамика колесных и гусеничных машин : межвуз. сб. науч. ст. ВПИ. – Волгоград, 1980. – С. 22–27.

УДК 656.1

З. К. Омарова, С. В. Данилов¹, Р. Я. Кашманов²

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПассажиРОВ ТАКСОМОТОРНЫМ ТРАНСПОРТОМ В КУРОРТНЫХ ЗОНАХ

Махачкалинский филиал Московского автомобильно-дорожного
государственного технического университета (МАДИ)

¹Северо-Кавказская Государственная гуманитарно-технологическая академия

²Волгоградский государственный технический университет

В статье проведен анализ системы обслуживания пассажиров таксомоторным транспортом в курортных зонах, рассмотрены также их основные недостатки. Приоритетная и возрастающая роль пассажирского транспорта, как социально значимого структурного компонента модернизации региональной экономики, определяет необходимость расширения границ научных исследований в области решения проблемы системного управления эффективностью и качеством транспортного сервиса в курортных транспортных системах.

Ключевые слова: колесо, пассажирский транспорт, курортные зоны, таксомоторный транспорт.

Z. K. Omarova, S. V. Danilov¹, R. J. Kashmanov²

ANALYSIS OF THE SYSTEM OF PASSENGER SERVICE OF TAXI TRANSPORT IN RESORT ZONES AND WAYS OF THEIR ELIMINATION

**Makhachkala branch of Moscow automobile and road
state technical University (MADI)**

¹North-Caucasian State humanitarian-technological Academy

²Volgograd state technical University (e-mail: Radiikashmanov@yandex.ru)

In the article the analysis of system of service of passengers of taxi transport in the resort areas, considered their main shortcomings. Priority and growing role of passenger transport as a socially important component of structural modernization of regional economy, identifies the need to expand the boundaries of scientific research in the field of solution system management efficiency and quality of transport service in resort transport systems.

Keywords: passenger transportation, resort area, taxis

В курортных зонах Краснодарского края в последнее время увеличилась численность населения, ежегодно растет число приезжающих на отдых и лечение, а также интенсивность движения транспортных средств, что в сочетании с ограниченной пропускной возможностью улично-дорожной сети, привело к ухудшению качества обслуживания пассажиров городским транспортом. В результате анализа в системе обслуживания пассажиров в курортных зонах были выявлены следующие недостатки:

- отсутствует координация между предприятиями-перевозчиками даже в рамках одного крупного города (предприятиями электро-транспорта, автобусами, таксомоторными) и специалистами-транспортниками, дорожниками и органами ГИБДД;
- отсутствует правовая и законодательная базы, регламентирующей взаимоотношение сторон-участников транспортной системы;
- быстро растут тарифы на перевозку пассажиров вследствие роста цен на горюче-смазочные материалы, электроэнергию, подвижной состав;
- имеют место кризисные отношения общественного и индивидуально транспорта. Удельный вес поездок на легковом индивидуальном транспорте увеличивается, скорость перемещения резко снижается. «Пробки» на дорогах стали обыденным явлением;
- увеличилось число дорожно-транспортных происшествий, ухудшилась экологическая безопасность, что повысило социальную напряженность в обществе;
- анализ качества транспортного обслуживания населения осуществляется только на уровне города или отдельного муниципального образования.

В последние годы рыночная экономика существенно изменила условия работы транспорта и характер спроса на транспортные услуги,

в том числе и таксомоторные. Комплексным, системным, интернированным, логистическим подходом к решению транспортных проблем являются интеллектуальные транспортные системы (ИТС). В основе ИТС для населенного пункта в зависимости от конфигурации, особенностей транспортной политики и социальных приоритетов может быть подсистема управления транспортными потоками (как в Мадриде и Париже) или подсистема приоритета общественного транспорта (как в Лондоне), или подсистема парковок с информацией об их расположении и свободных местах (как в Манчестере). Все другие подсистемы должны работать в едином информационном пространстве и режиме реального времени.

Объединение функциональных подсистем, координирование их совместной работы и централизованное информационное обеспечение осуществляется общегородским центром управления ИТС.

С целью повышения эффективности работы общественного транспорта повсеместно вводятся ограничения на движение индивидуального автомобильного транспорта и его парковку в центральной части городов, повсеместно создаются паркинги, располагаемые, как правило, в районах остановок и пересадочных узлов общественного транспорта, что отражается на качестве обслуживания пассажиров [1,3,4].

Обустраиваются карманы на остановочных пунктах (где это только возможно), выделяются изолированные полосы для движения автобусов и троллейбусов, особенно на подходах к перекресткам. По этим полосам могут двигаться и легковые автомобили-такси (ЛАТ). Следует также отметить, что во многих городах стран мира даже действует запрет на работу частных транспортных компаний на маршрутах муниципального транспорта (за исключением такси). Повсеместно действует приоритетность

общественного транспорта перед индивидуальным. Причем, это один из основных принципов транспортной политики многих городов. Так, например, все остановки (посадочные площадки) общественного транспорта отмечены дорожной разметкой, а бортовой камень в их пределах окрашивается в красный цвет. В пределах такого бортового камня (окрашенного в красный цвет) запрещена не только парковка, но и даже остановка всех других транспортных средств.

На новый качественный уровень переводятся системы сбора и распределения оплаты за проезд с использованием различного типа смарт-карт. Любая предоставленная пассажиру услуга, полностью или частично оплачивается или самим пассажиром, или работодателем, или ведомством, где он работает, или городом, или государством. Но в любом случае, оплата за проезд поступает перевозчику. И хотя, практически во всем мире городской пассажирский транспорт убыточен, стоимость проезда искусственно поддерживается на достаточно низком уровне. При этом непосредственно транспортные предприятия (перевозчики) не являются убыточными, а имеют определенные льготы по налогам, аренде, оплате за электроэнергию.

Весь подвижной состав оборудован радиотелефонной связью и современными электронными информационными системами как внутренними, так и наружными. Это говорящие информаторы, световые информационные табло, электронные маршрутные указатели и пр.

Много внимания уделяется диспетчеризации. Четко налажен контроль над работой водителей на линии, в том числе и использованием надежно действующей связи, спутниковых и компьютерных систем, благодаря этому диспетчер по движению постоянно имеет сведения о месте нахождения всех единиц подвижного состава в любое время суток и в автоматическом режиме с помощью компьютерных систем контролирует соблюдение расписания движения каждой единицы подвижного состава. Поэтому водитель такси не может самовольно или по просьбе частных перевозчиков сойти с маршрута, или другим образом нарушить правила перевозок и трудовую дисциплину.

Особое внимание уделяется постоянному улучшению качества обслуживания пассажиров и безопасности перевозок. Во многих городах действуют стандарты качества транспортного обслуживания населения, которыми преду-

сматриваются компенсационные выплаты пассажирам в случаях несоблюдения перевозчиком каких-либо требований этих стандартов.

Практикуется сотрудничество предприятий городского пассажирского транспорта и предприятий системы проката автомобилей. Так, при крупных пересадочных узлах – терминалах, вокзалах, аэропортах открываются пункты проката легковых автомобилей, а городской пассажирский транспорт и система проката рассматриваются не как конкуренты, а как партнеры по наиболее полному удовлетворению транспортных потребностей населения.

Спрос на передвижения/поездки определяется на основе отчетных данных перевозчиков и/или на основе оценки населения, выявляемой в анкетными исследованиями. Предельным уровнем потребностей в поездках являются потребности тех групп населения, которые имеют высокий доход, обеспечивающий им свободу выбора. Но на этот уровень ориентироваться нельзя. Все без исключения потребности в передвижениях/поездках удовлетворить невозможно. Поэтому возникает проблема наложения ограничений на спрос населения в передвижениях, которые обеспечиваются (гарантируются) муниципалитетом. Эти ограничения диктуются имеющимся бюджетом и приоритетностью проводимых мероприятий. Необходимо удовлетворять, прежде всего, трудовые поездки с минимизацией затрат времени при условии недопущения ДТП.

Особый интерес представляет исследование зависимости распределения передвижений по видам транспорта от уровня автомобилизации населения, так как рост последнего, безусловно, приводит к увеличению подвижности на индивидуальном транспорте, но при этом не существует прямой зависимости между этими величинами.

Величина доли передвижений на индивидуальном транспорте варьируется по территории и зависит от социального и профессионального состава проживающего и работающего населения, средней дальности поездки, возможности парковки и т. д.

Спрос на трудовые, деловые и культурно-бытовые передвижения определенного уровня комфортности, надежности и безопасности все чаще сталкивается с ограниченными возможностями общественного транспорта.

Системный подход в управлении базируется на одной из главных целей транспортного

обслуживания – минимизации общих (совокупных) расходов, связанных с перемещениями населения, а не просто в снижении прямых затрат на эти поездки.

Повышение качества обслуживания населения связано с совершенствованием таксомоторных перевозок, которое требует подключения к стратегическому планированию следующих основных видов управленческой деятельности региональных логистических систем общественного пассажирского транспорта [1–3]:

– формирование рационального взаимодействия всех видов общественного транспорта в регионе, то есть оптимальной организационной структуры с единым информационным центром управления;

- управление макрологистической системой с помощью оперативной достоверной информации на основе интеллектуальных транспортных систем;

- стратегическое прогнозирование поведения функциональных подсистем и транспортной системы в целом на региональном рынке пассажирских услуг с учетом использования легковых автомобилей-такси.

В результате проведенных исследований на основе комплексного подхода проанализирована научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение для повышения конкурентоспособности и развития курортной транспортной системы страны, ее регионов и муниципальных образований (агломераций) – системного управления эффективностью и качеством транспортного сервиса в условиях сезонной активности населения и глобализации курортно-туристских услуг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кравченко, А. Е. Особенности транспортного обслуживания населения курортных зон пассажирским автобусным транспортом / А. Е. Кравченко // ПТЖ «Грузовое и пассажирское автохозяйство». – 2010. – № 3. – 14 с.
2. Кравченко, А. Е. Методика расчета стоимостной оценки времени населения курортных зон при выборе вида транспорта для поездки / А. Е. Кравченко // ПТЖ «Грузовое и пассажирское автохозяйство». – 2010. – № 6. – 10 с.
3. Кравченко, А. Е. Основные направления устойчивого развития и функционирования пассажирского автомобильного транспорта / А. Е. Кравченко // ПТЖ «Грузовое и пассажирское автохозяйство». – 2010. – № 10. – 9 с.
4. Кравченко, А. Е. Оценка качества обслуживания населения и отдыхающих курортных зон легковыми автомобилями – такси / А. Е. Кравченко // ПТЖ «Грузовое и пассажирское автохозяйство». – 2011. – № 2. – 11 с.

УДК 656.072

А. В. Куликов, А. Н. Карагодина

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЛИЯНИЯ СМЕНЫ ФОРМЫ СОБСТВЕННОСТИ ПЕРЕВОЗЧИКА НА МУНИЦИПАЛЬНУЮ МАРШРУТНУЮ СЕТЬ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА МАЛЫХ ГОРОДОВ

Волгоградский государственный технический университет

В работе рассмотрены результаты влияния смены формы собственности перевозчика на муниципальную маршрутную сеть пассажирского транспорта малых городов. Представлены этапы развития общественных пассажирских перевозок в Дубовском районе. Выделены четыре этапа изменения маршрутной сети пассажирского транспорта. Проанализирована динамика изменения объемов перевозок пассажиров, изменение количества подвижного состава, обслуживаемых маршрутов муниципальных и частных предприятий. Рассмотрены причины перехода форм собственности перевозчика от муниципальной к частной. Выявлены проблемы административно-правового регулирования транспортного обслуживания сельского населения.

Ключевые слова: муниципальный и частный перевозчик, маршрутная сеть, пассажирский транспорт малых городов.

A. V. Kulikov, A. N. Karagodina

RESULTS OF THE INFLUENCE OF CHANGING FORMS OWN CARRIERS IN THE MUNICIPAL ROUTE NETWORK PASSENGER TRANSPORT SMALL

Volgograd State Technical University

The paper discusses the results of the effect of changing the form of ownership of the carrier on the route network of municipal passenger transport of small towns. The stages of the development of public passenger transport in Dubovsky area. Four stages of change in the route network of passenger transport. The dynamics of changes in the volume of passenger traffic, change in the amount of rolling stock, routes flown municipal and private enterprises. The reasons for the transition of ownership of the carrier forms from municipal to private. The problems of the administrative and legal regulation of transport services for the rural population.

Keywords: municipal and private carriers route network, passenger transport of small towns

Следствием экономического кризиса 2008 г. стали отток инвестиций, уменьшение государственного финансирования транспортной отрасли, моральное и физическое старение парка ПС, снижение объемов и качества пассажирских перевозок. Все это привело к тому, что развитие транспортного обслуживания населения существенно отстало от их потребностей. Особенно остро эта ситуация складывается в населенных пунктах географически удаленных от районных центров и находящихся в труднодоступных для транспорта местах.

Функционирование общественного пассажирского транспорта – это важнейшая социальная услуга и не всегда на ней можно построить успешный бизнес. Именно поэтому без достаточной бюджетной поддержки автотранспортные предприятия разоряются. С 2013 г. привычные муниципальные автобусы вымирают как вид. Банкротами себя объявили ПАТП в 26 районах Волгоградской области. Аналогичная картина наблюдается в Астраханской области. Согласно федеральному закону от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» обеспечение сельского населения пасса-

жирским транспортом полностью возложена на район. В результате с 2014 г. финансирование автопредприятий по сельским маршрутам из областного бюджета прекращено. Отмена транспортного обслуживания сельских маршрутов становится одной из причин вымирания сел и деревень. Крупных перевозчиков активно подменяют мелкие частные фирмы. Как правило, частники идут с большой охотой на востребованные маршруты с устойчивыми пассажиропотоками. Маршруты с малыми объемами перевозок либо закрываются, либо сокращаются до минимума количества рейсов.

Проследим динамику изменения количества подвижного состава муниципального и частного пассажирских предприятий, выполняющих перевозки в Дубовском районе по годам (рис. 1). В результате проводимых экономических реформ в Дубовском ПАТП постоянно снижалось количество маршрутов и подвижного состава. Парк не обновлялся, старел. В 2012 г. износ парка составил более 70 %. В результате 30 ноября 2012 г. Государственное Унитарное предприятие «Волгоградское областное пассажирское автотранспортное предприятие «Дубовское»» было ликвидировано.

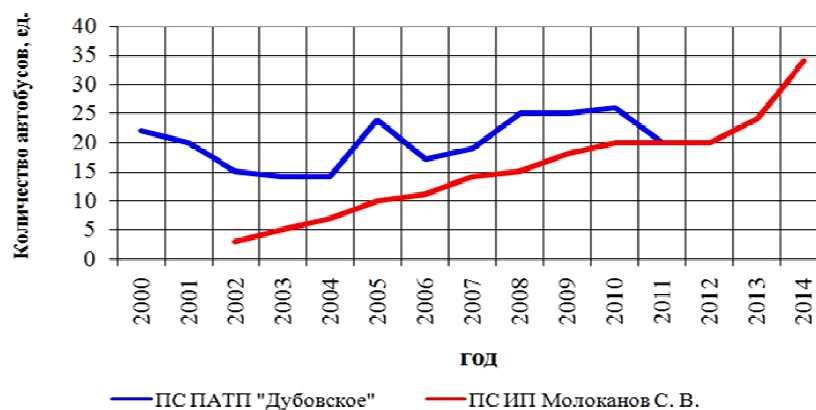


Рис. 1. Количество ПС пассажирских предприятий, выполняющих перевозки в Дубовском районе

С 2002 г. на рынке транспортных услуг Дубовского района появилось частное автотранспортное предприятие ИП «Молоканов С. В.». Если в 2002 г. у частного работало всего 3 микроавтобуса, то в 2013 г. – 24 ед. и в 2014 г. – 34 ед.

Начиная с 2002 г. частные предприниматели увеличивали парк подвижного состава и объемы перевезенных пассажиров (рис. 2) на всех видах пассажирских перевозок Дубовского муниципального района.

Основные изменения в маршрутной сети работы пассажирского транспорта Дубовского района были в 2003, 2005, 2010 и 2014 гг. На рис. 3 и в таблице представлена характеристика маршрутной сети каждого периода.

В 2003 г. маршрутная сеть Дубовского района была представлена 11 маршрутами (рис. 3, а) с общей длиной 811 км. В 2005 г. была разработана улучшенная маршрутная сеть, состоящая из 20 маршрутов общей протяженностью 1495 км (рис. 3, б).

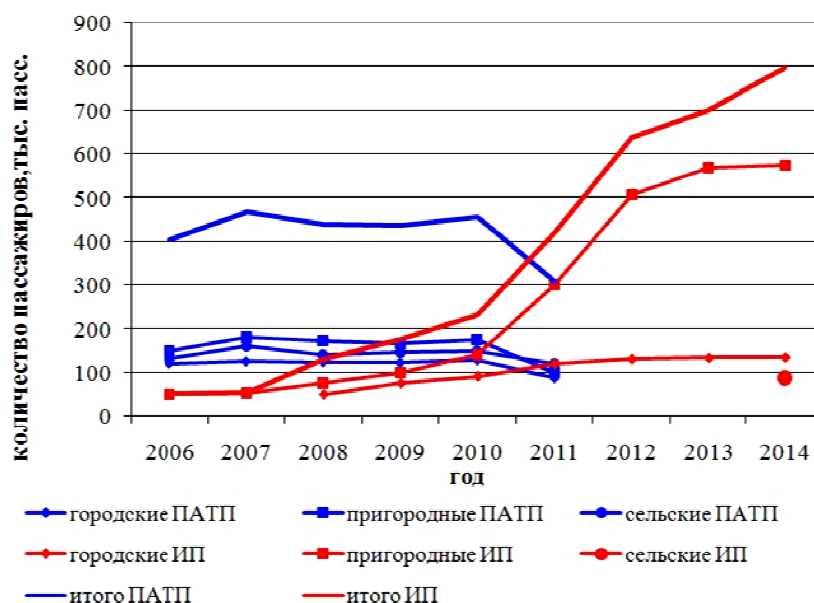


Рис. 2. Объемы перевозок пассажиров предприятиями по годам

Характеристика маршрутной сети Дубовского района

Показатель	Изменение показателя по годам			
	2003	2005	2010	2014
Общая протяженность всех обслуживаемых маршрутов, км	811	1495	1255	587
Количество пригородных и сельских маршрутов, ед.	11	20	15	10
Средний возраст ПС, лет	15	12	9	5
Объем перевезенных пассажиров, тыс. пас.	643,24	703,52	689,18	797,89

Сеть образца 2005 г. (рис. 3, а) связывала все отдаленные населенные пункты района. Ее недостаток – малое количество рейсов и их неежедневная работа. Это было вызвано нехваткой муниципального ПС. Во все дни недели регулярно работали только четыре маршрута («Дубовка-ЦАВ», «Дубовка-ВГТЗ» «Дубовка-Песковатка», «Дубовка-Пичуга-ВГТЗ»). Принципиальным отличием сети 2005 г. было то, что половина сельских маршрутов проходила через г. Дубовку в областной центр г. Волгоград.

После кризиса 2008 г. сеть маршрутов претерпела серьезные изменения. К 2010 г. количество маршрутов сократилось и составило 15 ед. (рис. 3, в). Отличительной особенностью сети 2010 г. является то, что у 13 из 15 маршрутов конечные остановки были в г. Волгограде (Центральный автовокзал (ЦАВ) и ВГТЗ) (рис. 3, в).

В период с 2010 до 2014 гг. количество маршрутов продолжало сокращаться. В 2014 г. была предложена абсолютно новая маршрутная сеть (рис. 3, г). В настоящее время все сельские

маршруты имеют конечную остановку в г. Дубовке на автостанции «Дубовка АС». Для снижения затрат, связанных с арендой аварийного автовокзала г. Дубовки ИП, «Молоканов С. В.» предложил и построил новую автостанцию. Построенная АС в настоящее время полностью соответствует существующим пассажиропотокам. В здании автостанции расположен удобный зал ожидания и сервисная зона (кафе, парикмахерская, туалет, комната отдыха). С появлением «легальной» автостанции в г. Дубовке решились многие проблемы и вопросы (связанные с функционированием автовокзалов), представленные в работах [1–5].

Пассажирский транспорт является неотъемлемой частью транспортной инфраструктуры городского хозяйства, поэтому необходимо применение не только рыночных механизмов регулирования системы функционирования пассажирского транспорта, но и правовых аспектов. Функционирование и развитие общественного транспорта малых городов в условиях экономических преобразований определило

появление противоречий между характером взаимоотношений участников рынка транспортного обслуживания и правовой основой этих взаимоотношений. Главная причина указанного противоречия заключается в том, что

действовавшие вплоть до 2009 г. нормативные правовые акты, регламентирующие условия выполнения пассажирских перевозок, базировались на системе транспортного законодательства, сложившейся еще в советский период.

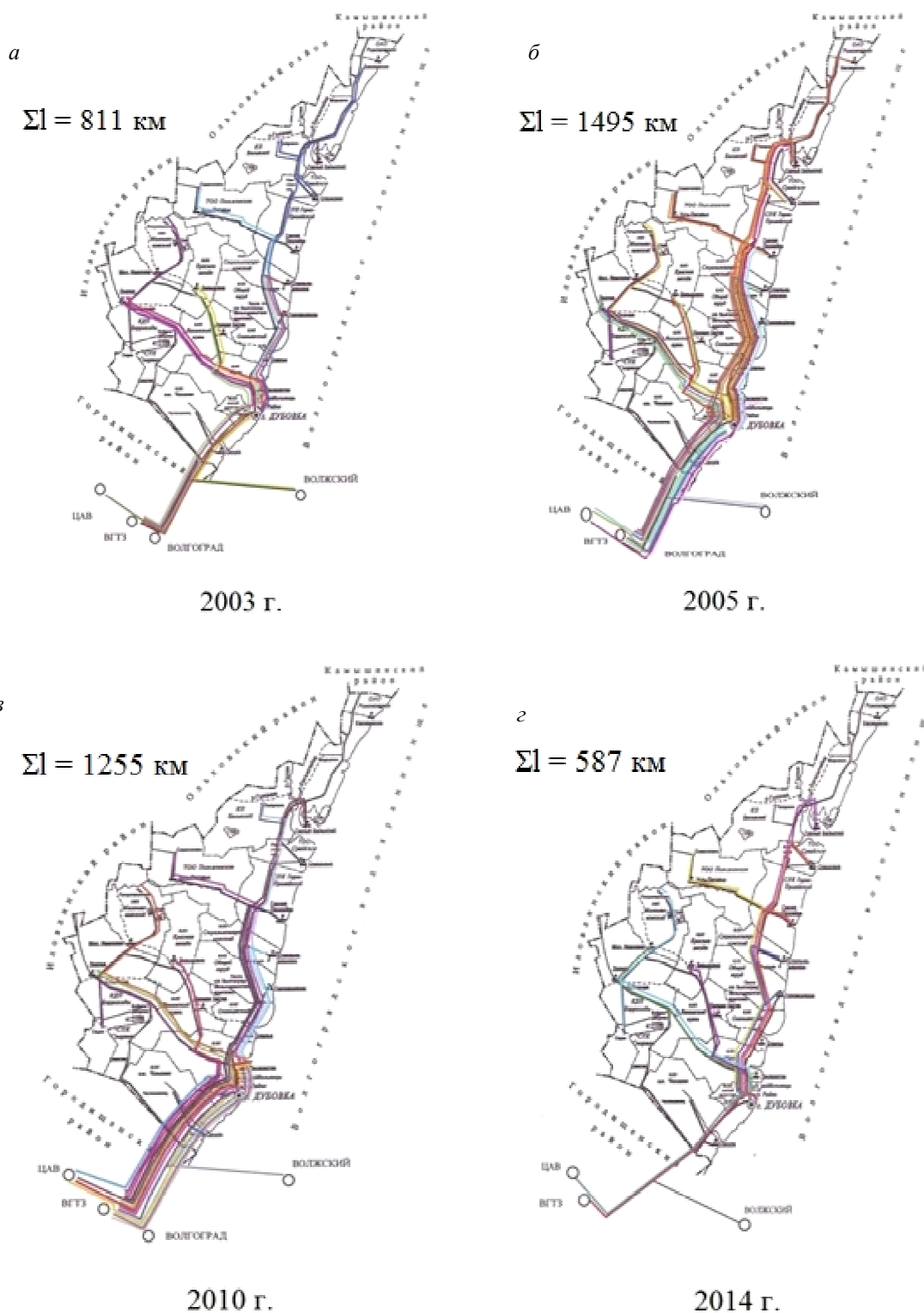


Рис. 3. Схема маршрутной сети Дубовского района в период:
а – 2003 г., $\Sigma l_M = 811$ км; б – 2005 г., $\Sigma l_M = 1495$ км; в – 2010 г., $\Sigma l_M = 1255$ км; г – 2014 г., $\Sigma l_M = 587$ км

Проанализировав систему нормативных правовых актов федерального уровня, регулирующих деятельность в сфере организации и обеспечения транспортного обслуживания населения, можно условно выделить в ней три группы:

- нормативно-правовые акты, устанавливающие полномочия органов государственной власти и органов местного самоуправления в части обеспечения населения услугами пассажирского транспорта;

- нормативно-правовые акты, регулирующие функционирование пассажирского транспорта общего пользования и его развитие;

- нормативно-правовые акты, устанавливающие порядок предоставления транспортных услуг отдельным категориям населения [6].

Несмотря на то что рыночная экономика действует в России уже третий десяток лет, и пассажирскими перевозками еще с начала 1990-х гг. активно занялся частный бизнес, правовая сторона этого вопроса на федеральном уровне до сих пор не была урегулирована. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта на смену старому Уставу 1969 г. был принят лишь в 2007 г. Устав определял лишь базовые понятия и термины, общие условия перевозок пассажиров и багажа, общие условия предоставления услуг по перевозке и взаимоотношения сторон.

В треугольнике взаимоотношений «органы власти – перевозчик – пассажир» не хватало регулирующего документа о том, кем и как перевозки организуются, как они могут измениться или прекратиться, как подобрать для них перевозчика, как защитить право пассажира на существование его потребностей в перевозке.

В регионах страны транспортная ситуация развивалась по-разному: в одних регионах основной транспортной системы были перевозки по тарифам, регулируемым местным самоуправлением, а главными (а порой единственными) перевозчиками – ГУПы и МУПы, а в других регионах перевозки выполнял только частник.

Поэтому принятие закона растянулось на долгие годы. В результате принятия Федерального закона № 220 от 13.07.2015 «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации» регионам и муниципальным образованиям ряд полномочий в организации работы пассажирского транспорта остается на их усмотрение. Появляется строгая иерархия

вертикали власти – местные акты могут дополнять федеральные требования тогда и только тогда, когда федеральный закон это допускает.

Предусмотрены новым законом и меры, позволяющие улучшить безопасность движения. Федеральный закон вводит положение, заключающееся в том, что в отсутствие водителя стоянка транспортного средства, используемого для осуществления регулярных перевозок, в ночное время (с 22.00 до 6.00) должна осуществляться, только на парковках, соответствующим требованиям Минтранса России, а места парковок определяются уполномоченными органами соответствующего субъекта Российской Федерации. В результате ПС проходит технический осмотр, а водители – медицинское освидетельствование на базовой парковке.

Уполномоченные органы смогут развивать маршрутные сети подвластных им территорий путем утверждения документов территориального планирования – так смогут появляться новые маршруты, которые нужны пассажирам. Для действующих перевозчиков решение властей об отмене или изменении маршрута при этом не будет внезапным – ведь оно должно поступить к ним не позднее чем за 180 дней до предполагаемого закрытия маршрута. Такой срок вполне достаточен для того, чтобы перевозчику либо перестроить работу своей компании, либо попытаться оспорить решение о закрытии маршрута в судах [7].

Законопроект разделил маршруты на регулируемые, то есть субсидируемые из бюджета, и нерегулируемые, которые устанавливает сам перевозчик. Примерно половина всех перевозок по Волгоградской области – это так называемые заказные перевозки, которые по сути являются регулярными перевозками.

В целом в Волгоградской области планируется разработка комплексной транспортной схемы. На первом этапе планируется разработать схему Волгоградской агломерации, которая объединит наиболее густонаселенные районы. Предварительный анализ показывает, что из 4 тыс. действующих сегодня автомобилей малой вместимости необходимо будет оставить порядка 400 ед., которые будут работать на второстепенных подвозящих маршрутах. На основных маршрутах предложено работать автобусам большой вместимости. Предполагается увеличение числа электричек по г. Волгограду, создание и формирование транспортно-переса-

дочных узлов, оптимальная работа скоростного трамвая, отсутствие дублирования маршрутов, увеличение количества автобусов большой вместимости.

В последние годы после изменения законодательства и уменьшения финансирования многие муниципальные пассажирские предприятия были закрыты. В большинстве малых городов и районов Волгоградской и Астраханской областей перевозки осуществляют только частные предприятия. Муниципалитетам необходимо перестроиться в изменившейся ситуации и решать такие проблемы как определение отношений субъектов власти и перевозчиков, маршрутизации общественного транспорта с учетом меняющихся нужд населения, проведение конкурсного отбора перевозчика, совмещение интересов перевозчика, муниципалитета и пассажиров, внедрение единого оператора маршрутной сети.

Принятый ФЗ РФ № 220 позволит, контролировать и регулировать пассажирские автомобильные перевозки. Необходима реализация современных конкурсных механизмов регулирования допуска, технологий организации и контроля деятельности операторов всех форм собственности на маршрутную сеть района, а также механизм пресечения несанкционированных пассажирских перевозок. Необходим контроль и поддержка администрации муниципалитета в финансирование транспортных компаний осуществляющих перевозки на убыточных социально значимых маршрутах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Состояние организации перевозок пассажиров общественным транспортом в малых городах, на примере городов Ахтубинска и Дубовки / А. В. Куликов, С. Ю. Фирсова, А. Н. Карагодина, Р. Я. Кашманов // Сборник научных трудов SWorld. – 2015. – Вып. 1, том 1. – С. 27–31.
2. Пути совершенствования пассажирских перевозок в Волгограде и в Волгоградской области / И. М. Рябов, А. В. Куликов, Р. Я. Кашманов, А. Н. Карагодина // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Вып. 3, том 1. – С. 38–41.
3. Куликов, А. В. Обоснование необходимости внедрения линейной диспетчеризации на пригородных пассажирских маршрутах Дубовского района Волгоградской области / А. В. Куликов, А. Н. Карагодина, Р. Я. Кашманов // Наука и современность : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. (г. Уфа, 13 дек. 2015 г.). В 2 ч. Ч. 2 / Международный центр инновационных исследований «ОМЕГА САЙНС». – Уфа, 2015. – С. 89–93.
4. Куликов, А. В. Этапы развития общественного пассажирского транспорта Дубовского района Волгоградской области / А. В. Куликов, А. Н. Карагодина // Научные труды SWorld. – 2015. – Вып. 4, т. 1. – С. 42–47.
5. Куликов, А. В. Развитие общественного пассажирского транспорта Дубовского района Волгоградской области / А. В. Куликов, А. Н. Карагодина // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Тюмень, 14–15 дек. 2015 г.). В 2 т. Т. 1 : отв. ред. В. И. Бауэр ; Тюменский гос. нефтегазовый ун-т. – Тюмень, 2015. – С. 333–339.
6. Мурашкин, М. Б. Актуальные проблемы административно-правового регулирования транспортного обслуживания населения в городских поселениях [Электронный ресурс] / М. Б. Мурашкин // Политика, государство и право. – 2014. – № 5 – Режим доступа : <http://politika.snauka.ru/2014/05/1619> (05.06.2015).
7. Транспорт в России [Электронный ресурс] : – Режим доступа : <http://tr.ru/articles/94-chto-nam-gotovit-novyy-zakon> (02.03.2016)

УДК 621.436

В. М. Славуцкий¹, А. В. Курапин¹, О. Л. Хуранов², Н. К. Иконников¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ТОПЛИВА ПРИ ЧАСТИЧНЫХ НАГРУЗКАХ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

¹ Волгоградский государственный технический университет

² Северо-Кавказский филиал Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета

Как правило, топливная аппаратура дизелей доводится и регулируется на номинальном режиме и при работе по внешней характеристике. При работе же на эксплуатационных режимах, в особенности на режимах частичных нагрузок (малых подач) нередко наблюдается периодическое чередование величины подачи от цикла к циклу, вызывающее повышенную неравномерность вращения коленчатого вала. При исследовании систем топливоподачи с насосом, форсированным по частоте вращения, на неустановившихся режимах работы также наблюдаются отклонения в процессе топливоподачи. Скоростная характеристика насоса при этом – с положительной коррекцией. Все это создает особые условия в системе и изменяет механизм подачи топлива. Эти обстоятельства оправдывают необходимость исследования процесса подачи топлива при его интенсификации на частичных нагрузках дизеля. Исследовалась топливная система дизеля Д-144 с топливным насосом УТН-5.

Ключевые слова: интенсификация, нагнетательная магистраль, частичные нагрузки, номинальный режим, топливная система, штуцер насоса, давление впрыскивания топлива.

V. M. Slavutsky¹, A. V. Kurapin¹, O. L. Huranov², N. K. Ikonnikov¹

RESEARCHING OPPORTUNITY OF IMPROVEMENT OF FUEL SUPPLY INDICATORS AT PARTIAL LOADS OF TRACTOR DIESEL

¹Volgograd State Technical University

²North-Caucasian branch of the Moscow State Automobile and Road Technical University

As a rule, the fuel supply equipment of diesel engines is finished and adjusted at nominal mode and when working on external characteristics. When working on operating conditions, especially at part-load mode (small fuel supply) often there is a periodic alternation of the fuel supply rate from cycle to cycle, causing increased irregularity of the crankshaft rotation. In research fuel systems with pump, forced according to rotation frequency, for transient modes are also observed deviations in the process of fuel supply. Speed characteristic of the pump at the same time – with a positive correction. All this creates special conditions in the system and change the mechanism of the fuel supply. These circumstances justify the need to study the fuel supply process with its intensification at partial loads of the diesel engine. Studied the fuel system of a diesel engine D-144 with the fuel pump UTN-5

Keywords: the intensification, the discharge line, partial load, nominal conditions, the fuel system, the nozzle of the pump, the pressure of fuel injection.

1. Введение (Introduction)

Исследовалась топливная система с удвоенной частотой вращения вала топливного насоса высокого давления. Важной особенностью запатентованной сотрудниками кафедры «Транспортные машины и двигатели» ВолгГТУ топливной системы (далее опытной), отличающей ее от штатной системы, является увеличение цикловой подачи топлива Q_c при снижении частоты вращения вала насоса n_n . Это означает, что система обеспечивает скоростную характеристику с положительной коррекцией [1,3,9]. Снижение Q_c с повышением n_n , также и при частичных нагрузках, указывает на правомерность механизмов, объясняющих это явление при полной нагрузке [2,5,7]. При общей тенденции к снижению Q_c при повышении n_n , требуется анализ довольно сложного характера изменения Q_c как функции n_n , что особенно заметно при Q_c , равной 75 %, 50 % и 30 % от номинальной. Это, по нашему мнению, связано с особенностями действия искажающих факторов [4,5]. Тем более это вызывает интерес, что при восстановлении (увеличении) Q_c , другим становится характер ее изменения. Изменяется, но остается сложной закономерность изменения Q_c при нагрузке 50 % и 30 %. Во всяком случае, уменьшение объема штуцера насоса и повышение жесткости пружины нагнетательного клапана, как и при полной нагрузке, приводят к восстановлению (увеличению) Q_c . Это доказывает схожесть изменений механизма подачи при скоростном форсировании топливного насоса в случае полной и частичной нагрузок [4,5]. Ранее исследован механизм подачи топлива опытной системой на номинальном режиме. На результатах этих исследований и основаны предлагаемые методы изменения

конструктивных и регулировочных параметров опытной топливной системы при работе на частичных нагрузках.

2. Материалы и методы (Materials and Methods)

В соответствии с принятым механизмом подачи топлива в опытной системе, рассчитано отношение объемов топлива, сжатого в отдельных полостях системы $V_{сж}$ к объему цикловой подачи V_c .

При нагрузке 100 % (рис. 1) в штуцере насоса $V_{ш}$ при $n_n=2000$ мин⁻¹ сжимается больше 100 % поданного плунжером топлива, то есть сжимается в одной из полостей системы топлива больше, чем подано плунжером (цикловая подача). Это однозначно объясняется высоким остаточным давлением в нагнетательной магистрали, что характерно для системы топливоподачи разделенного типа. Меньшее количество топлива сжимается в форсунке. В нагнетательном трубопроводе сжимается до 70 % топлива (рис. 1). При нагрузке 75 % и $n_n = 2000$ мин⁻¹ в штуцере насоса сжимается 120 % топлива, в нагнетательном трубопроводе – от 70 до 80 %. В полости форсунки сжимается от 25 до 40 % топлива, во всем диапазоне изменения частоты вращения вала насоса. Если нагрузка двигателя 50 %, то в полости штуцера сжимается от 100 до 150 % топлива, поданного плунжером в нагнетательную магистраль, в нагнетательном трубопроводе – 80–100 % топлива, в полости форсунки – 40–50 % топлива.

3. Результаты (Results)

Максимальное количество топлива, сжимаемого в полостях системы, отмечено при нагрузке 30 % (рис. 2). Многими исследователями установлена особенность разделенной системы

подачи, заключающаяся в значительном повышении остаточного давления в нагнетательной

магистральной, что особенно выражено на частичных нагрузках и на режиме холостого хода.

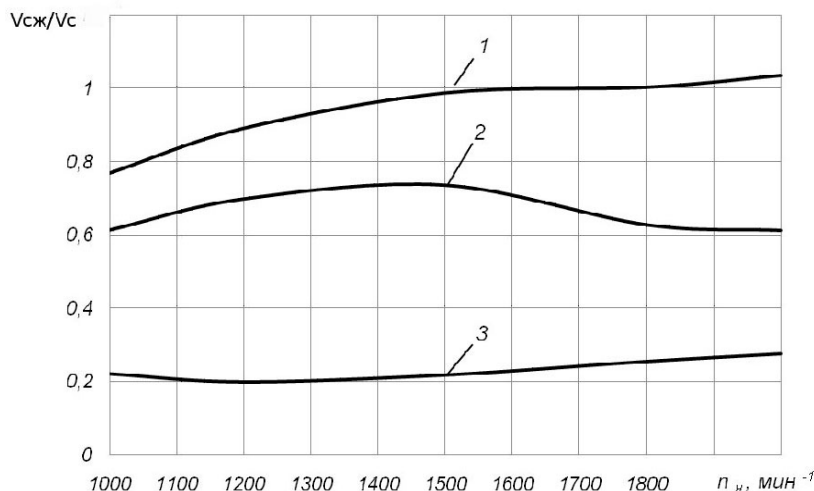


Рис. 1. Зависимость относительного количества топлива, сжимаемого в полостях системы, от частоты вращения вала насоса n_n ; $Q_c = 100\%$:
1 – штуцер насоса; 2 – трубопровод; 3 – форсунка

Это объясняет, во-первых, уменьшение Q_c большим количеством топлива, сжимаемого в полостях системы, а во-вторых, оправдывает уменьшение, например, объема штуцера насоса для восстановления (увеличения) Q_c [3,10].

4. Обсуждение (Discussion)

Результаты проведенных численных экспериментов имеют практическое значение. Общеизвестно, что при малых цикловых подачах заметно ухудшается процесс смесеобразования

из-за некачественного распыления топлива. Таким образом, изменение конструктивных параметров системы можно рекомендовать как действенный метод интенсификации процесса подачи топлива при частичных нагрузках.

Очень информативным показателем степени интенсивности подачи топлива является давление начала впрыскивания. Обычно при этом, как и в нашем случае, имеют в виду давление перед сопловыми отверстиями распылителя.

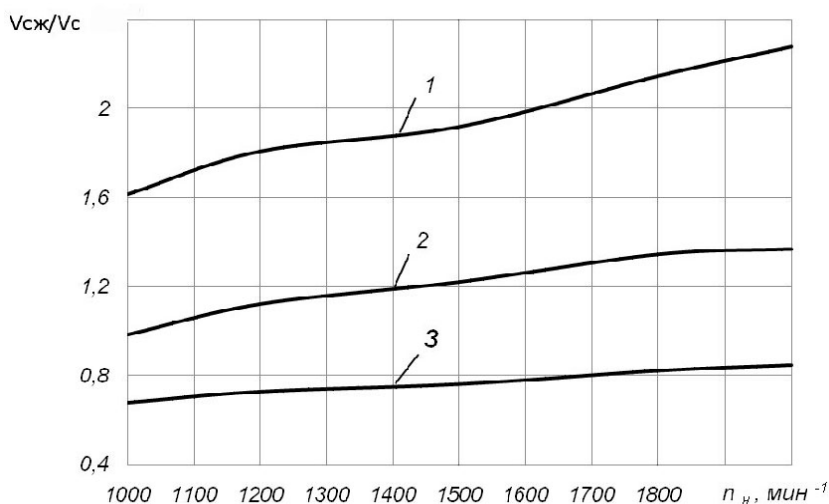


Рис. 2. Зависимость относительного количества топлива, сжимаемого в полостях системы, от частоты вращения вала насоса n_n ; $Q_c = 30\%$:
1 – штуцер насоса; 2 – трубопровод; 3 – форсунка

Установлено повышение максимальных $P_{\max}$ и средних $P_{\text{ср}}$ давлений впрыскивания топлива по мере скоростного форсирования топ-

ливного насоса. Особенно это касается нагрузок 100 % и 75 %, и менее заметно при нагрузках 50 % и 30 %. $P_{\text{ср}}$ при нагрузке 50 % незна-

чительно повышается по сложному закону, и практически не изменяется при нагрузке 30 %. Отношение $P_{ср}/P_{\max}$ во всем диапазоне исследуемых нагрузок уменьшается. Наиболее это выражено при нагрузке 30 % [10].

Предпринята попытка повысить давление впрыскивания топлива при нагрузке 30 %. Поскольку, как уже можно считать доказанным, при скоростном форсировании насоса изменение в механизме подачи топлива при полной и частичной нагрузках качественно одинаковы, то вполне оправдано использование таких же (по существу) перенастроек системы, что и при восстановлении (увеличении) подачи, когда нагрузка полная [6,7,9].

Уменьшался объем штуцера от 2,74 до 0,5 см³.

Уменьшался диаметр отсечного отверстия от 3 до 1 мм. Повышалась жесткость пружины нагнетательного клапана от 82 до 200 Н/см.

В результате численных экспериментов выяснено следующее. При $Q_c = 30\%$ наибольшее значение $P_{\max} = 45$ МПа достигается при уменьшении объема штуцера (рис. 3). $P_{ср} = 18,2$ МПа можно обеспечить путем уменьшения диаметра отсечного отверстия до 1,0 мм, или путем уменьшения объема штуцера до 0,5 см³. Высокое значение $P_{ср}/P_{\max}$ во всем диапазоне частоты вращения вала насоса отмечено при диаметре отсечного отверстия 0,15 мм (рис. 3). Наибольшее отношение $P_{ср}/P_{\max}$ – при диаметре отсечного отверстия 0,10 мм, но только в диапазоне изменения n_n от 1000 до 1400 мин⁻¹.

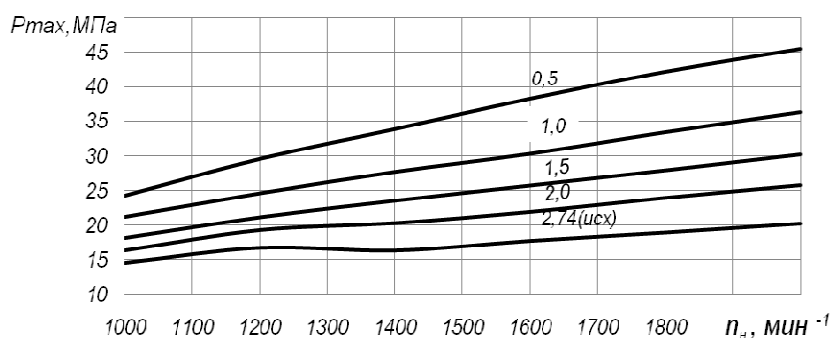


Рис. 3. Зависимость максимального давления $P_{\max}$ от частоты вращения вала насоса n_n : опытная система (уменьшался объем штуцера насоса $V_{ш}$); $Q_c = 30\%$

Очень незначительно на $P_{\max}$ влияет жесткость пружины нагнетательного клапана. В диапазоне изменения n_n от 1200 до 1700 мин⁻¹ увеличение жесткости пружины повышает $P_{\max}$ на 3–5 МПа. Очень мало изменяется этот параметр при изменении n_n от 1800 до 2000 мин⁻¹.

Среднее давление впрыскивания топлива $P_{ср}$ по мере повышения жесткости пружины увеличивается на 2–3 МПа в диапазоне изменения n_n от 1300 до 1900 мин⁻¹. Отношение $P_{ср}/P_{\max}$ повышается по мере увеличения жесткости пружины нагнетательного клапана в диапазоне изменения n_n от 1200 до 1800 мин⁻¹. Давление, при котором начинается подъем иглы распылителя, называют давлением начала подачи топлива P_{ϕ} . Исследовалось влияние P_{ϕ} на $P_{\max}$ при различных нагрузках. Если нагрузка дизеля 100 %, то во всем исследуемом диапазоне n_n увеличение P_{ϕ} приводит к повышению $P_{\max}$. Наибольшее влияние оказывает P_{ϕ} в диапазоне изменения n_n от 1000 до 1300 мин⁻¹ и в диапазоне от 1800 до 1900 мин⁻¹. При нагрузке 75 % и изменении n_n от 1400 до 2000 мин⁻¹ повышение P_{ϕ} приводит к увеличению $P_{\max}$ от 17 до 25 МПа.

Несколько больше влияет P_{ϕ} на $P_{\max}$ в том же диапазоне изменения n_n при нагрузке 50 %. Обратное влияние $P_{\phi} = 25$ МПа оказывает на $P_{\max}$ при нагрузке 30 %. В диапазоне изменения n_n от 1300 до 1700 мин⁻¹ повышение P_{ϕ} до 25 МПа приводит к снижению $P_{\max}$ на 1,3 МПа. Следовательно, увеличение давления начала подачи для повышения максимального давления впрыскивания можно рекомендовать только при нагрузках 100 %, 75 % и 50 % [6].

При нагрузке 30 % повышение давления впрыскивания топлива P_{ϕ} в диапазоне изменения n_n от 1000 до 2000 мин⁻¹ приводит к сокращению продолжительности процесса впрыскивания. Максимальное сокращение продолжительности процесса впрыскивания составляет 0,5–0,8 град. при $n_n = 1200, 1600$ и 2000 мин⁻¹.

5. Заключение (Conclusions)

По результатам численных экспериментов с использованием математических моделей и программного комплекса (разработаны на кафедре «Транспортные машины и двигатели» ВолгГТУ) можно заключить, что в качестве методов интенсификации процесса подачи

топлива в дизеле при частичных нагрузках следует применять скоростное форсирование топливного насоса и изменение конструктивных и регулировочных параметров топливной системы. Эффективным способом интенсификации является уменьшение объема штуцера насоса и диаметра отсечного отверстия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. № 2187688 Российская Федерация, МПК7 F 02 М 63/04 Способ регулирования подачи топлива в цилиндры дизеля / Славущий В. М., Славущий В. В., Зубченко В. А., Курапин А. В., Липилин В. И., Ларцев А. М., Ульянов В. О., Салыкин Е. А.; заявитель и патентообладатель Волгоград. гос. техн. ун-т. – № 2000128585/06; заявл. 15.11.2000; опубл. 20.08.2002. Бюл. № 23.
2. Пат. 2330176 Российская Федерация, МПК F 02 М 63/04. Способ регулирования подачи топлива в цилиндры дизеля / Славущий В. М., Белозубов Ю. В., Каныгин З. В., Харсов З. Х.; ВолгГТУ. – 2008.
3. Салыкин, Е. А. Улучшение показателей процесса топливоподачи в дизеле путем скоростного форсирования насоса высокого давления: специальность 05.04.02: дисс. ... канд. техн. наук / Е. А. Салыкин; ВолгГТУ. – Волгоград, 2003. – 264 с.
4. Показатели тракторного дизеля при скоростном форсировании топливного насоса / В. М. Славущий, А. М. Ларцев, Н. Н. Косырева, З. Х. Харсов // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 6 / ВолгГТУ. – Вол-

гоград, 2008. – (Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки»; вып. 1). – С. 63–68.

5. Зубченко, В. А. Исследование возможности интенсификации процесса подачи топлива дизеля: специальность 05.04.02: дисс. ... канд. техн. наук / В. А. Зубченко; ВолгГТУ. – Волгоград, 1998. – 260 с.

6. Дозирование цикловой порции топлива в дизеле при интенсификации процесса подачи / В. М. Славущий, В. И. Липилин, З. Х. Харсов, О. Л. Хуранов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 2. – С. 130–138.

7. Зубченко, В. А. Интенсификация процесса подачи топлива в дизеле: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02: защищена 26.06.1998: утв. / Зубченко Владимир Александрович. – Волгоград, 1998. – 243 с.

8. Пат. № 2260145 Российская Федерация, МПК7 F 02 М 59/36. Устройство управления топливоподачей дизеля / Славущий В. М., Славущий В. В., Поляков Д. А., Липилин В. И., Ларцев А. М., Салыкин Е. А., Бажин К. Л.; Власов А. В.; ВолгГТУ. – 2005.

9. Салыкин, Е. А. Улучшение показателей процесса топливоподачи в дизеле путем скоростного форсирования насоса высокого давления: специальность 05.04.02: дисс. канд. техн. наук / Е. А. Салыкин; ВолгГТУ. – Волгоград, 2003. – 264 с.

10. Улучшение показателей процесса подачи топлива при частичных нагрузках дизеля / В. М. Славущий, О. Л. Хуранов, З. Х. Харсов, З. В. Каныгин // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 8 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – (Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки»; вып. 3). – С. 40–43.

УДК 656.1

З. К. Омарова¹, Ш. М. Минатуллаев², Р. Я. Кашманов³

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

¹Махачкалинский филиал Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)

²Дагестанский государственный аграрный университет им. Джембулаева

³Волгоградский государственный технический университет

В статье рассмотрены основные интеллектуальные транспортные системы; их применение с целью повышения качества обслуживания пассажиров. Спутниковая система на пассажирском автомобильном транспорте имеет территориально распределенный программно-аппаратный комплекс, призванный объединить участников процесса городских, пригородных и междугородних пассажирских перевозок в единую информационную систему.

Ключевые слова: навигационные системы, ГЛОНАСС, интеллектуальные транспортные системы

Z. K. Omarova¹, Sh. M. Minatullayev², R. J. Kashmanov³

IMPROVING THE EFFICIENCY AND QUALITY OF PASSENGER SERVICE THROUGH THE USE OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

¹Makhachkala branch of Moscow automobile and road state technical University (MADI)

²Dagestan State Agricultural University im. Dzhambulaeva M.M.

³Volgograd state technical University

Article describes the main intelligent transport systems. Discuss their application with the aim of improving the quality of passenger service. The article describes the main intelligent transport systems. Discuss their application with the aim of improving the quality of passenger service. Satellite system in the passenger road transport is geographically distributed hardware and software system, designed to unite the participants of the process of urban, suburban and intercity passenger transportation within a single information system.

Keywords: navigation system, GLONASS, intelligent transport systems

Для повышения эффективности и качества обслуживания пассажиров в муниципальных образованиях (МО) курортных зон, следует использовать информационные технологии для всех участников перевозочного процес-

са типа ГЛОНАСС/GPS. В зарубежных странах системе GPS уделяется огромное внимание. Сравнительная характеристика навигационных систем ГЛОНАСС и GPS приведена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика навигационных систем ГЛОНАСС и GPS

Система	GPS	ГЛОНАСС
Число спутников на 2015, шт.	30	28
Географическое покрытие (электронные карты)	Вся планета	96 % всей планеты и 100 % территории РФ
Средний срок службы спутников, лет	7,5–10	не более 5
Базовая точность определения координат, м	30–70	30–70
Точность определения координат с наземной коррекцией, м	менее 1	менее 10
Средняя стоимость гражданских навигаторов, долл. США	200	500–800 (2014 год)
Объем рынка оборудования в 2014 году, млрд. долл. США	15	21

Основной смысл использования спутниковой навигации – в приемниках и контенте. За рубежом вложение средств идет именно в разработку GPS-модулей (чипсетов) для расшифровки спутниковых сигналов, по которым вычисляют координаты транспортного средства. Такими чипсетами могут оборудоваться также фото и видеокамеры, мобильные телефоны, ноутбуки [1].

Прорабатывается вопрос создания европейской системы космической навигации Galileo и китайской Compass из 30 спутников. При такой конкуренции США ускоряют развитие GPS и планируют мощное обновление системы. Главная задача – увеличить примерно в 500 раз мощность спутникового сигнала для преодоления различных помех. Начата разработка спутников нового поколения. Сейчас действуют аппараты серии GPS IIR-M. Развитие такой системы позволяет с использованием мобильных устройств увидеть карту местности и свой подвижной состав или другой объект, что особенно важно в условиях ограниченной видимости на дороге.

Участниками процесса пассажирских перевозок (пользователями информационной системы) в МО являются: автовокзалы (автостанции); пассажирские автотранспортные предприятия; управления пассажирскими перевозками муниципальных образований.

Для связи всех пользователей региона в единую систему рекомендуется организовать региональный узел, включающий в себя еди-

ный классификатор следующих объектов: маршрутов; стоянок; автостанций, автовокзалов и остановочных пунктов, курортных объектов; предприятий перевозчиков и т. д. [2].

Для связи отдельных объектов МО рекомендуется организация центрального диспетчерского узла (рис. 1).

Система должна включать программно-аппаратные блоки:

АСУ «Автовокзал» – автоматизация работы автовокзалов (сети автовокзалов).

АСУ АТП – автоматизация работы пассажирских автотранспортных предприятий.

Паспорта маршрутов – организация и управление пассажирскими перевозками.

Региональный узел – организация обмена данными в пределах МО.

Центральный диспетчерский узел – межмуниципальный обмен.

Весь обмен данными между элементами системы происходит с использованием глобальной сети Интернет.

АСУ «Автовокзал» успешно зарекомендовала себя на автовокзалах в Сочи, Краснодаре, Рыбинске, Тутаеве, Гаврилов-Яме, Владимире и др. В настоящее время многие автовокзалы и автостанции Ярославской области связаны в единую сеть. Создание такой сети планируется во Владимирской области и Краснодарском крае.

АСУ «АТП» эксплуатируется на автотранспортных предприятиях Ярославской области: Ярославское ПАТП-3, Гаврилов-Ямское АТП, Тутаевское АТП.

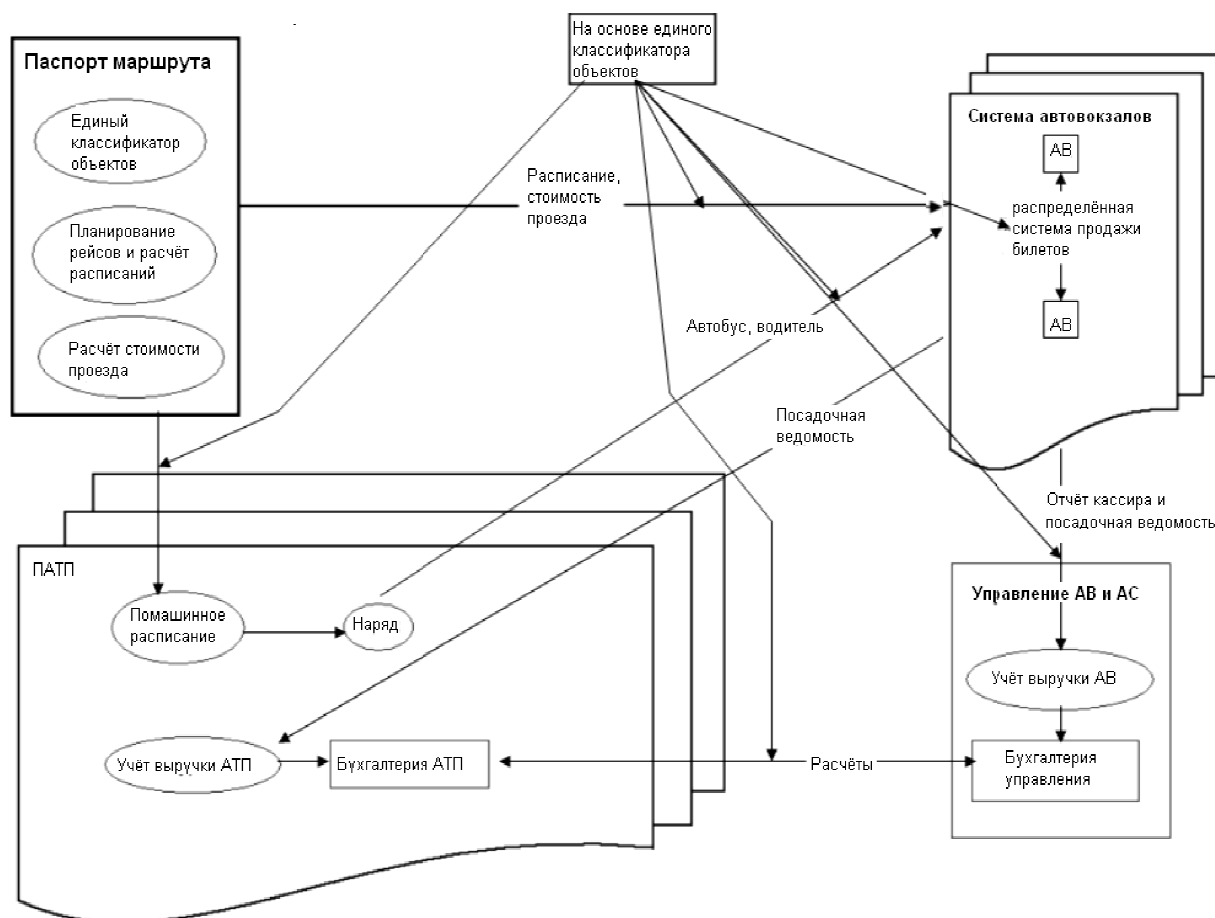


Рис. 1. Схема взаимодействия системы объектов центрального диспетчерского узла использованием системы GLONASS

Паспорта маршрутов и стоянок успешно внедрены в ГУ ТТК Ярославском для управления работы сети автовокзалов.

АСУ «Автовокзал» увеличивает эффективность деятельности предприятия за счет автоматизации обслуживания пассажиров, полностью освобождая персонал от оформления необходимых документов вручную. Повышается качество и скорость обслуживания пассажиров.

АСУ «АТП» предназначена для автоматизации деятельности пассажирских автотранспортных предприятий.

Для решения задач, связанных с технологическим обеспечением более качественного обслуживания пассажиров легковыми автомобилями-такси (ЛАТ) в конкретном муниципальном образовании (МО), автором предлагается использовать единую интеллектуальную транспортную систему таксомоторного транспорта (ИТСТТ). Ее деятельность должна обеспечиваться через Центр контроля и управления их работой ЛАТ с использованием спутниковых систем навигации типа GLONASS/GPS (рис. 2).

Эта система должна также обеспечивать компьютерное наблюдение за движением транспортных средств через ЦДС города и вне обустроенных участков дорог региона.

Управление таксомоторными перевозками должно осуществляться центральной диспетчерской службой (ЦДС) в реальном масштабе времени, при этом интервал передачи данных через спутник составляет не более 30 секунд, что обеспечивает контроль их местонахождения (на транспортной сети или на стоянке) с точностью от 10 до 30 метров. Эта же информация должна поступать на все стоянки МО населенного пункта.

Диспетчерский пункт управления оборудуется четырьмя видеозвуковыми мониторами и компьютерным столом. На первом мониторе прослеживается движение ЛАТ. На другом мониторе отражается ЦДС МО, который позволяет диспетчеру при необходимости изменить путь следования транспортных средств (произошли заторы и т. п.).

На третьем и четвертом мониторах отражается статистический учет, произошедшие ДТП

или предлагается измененный путь, а также в ЦДС должны быть установлены многока-

нальные видеосерверы на базе универсальных персональных компьютеров.

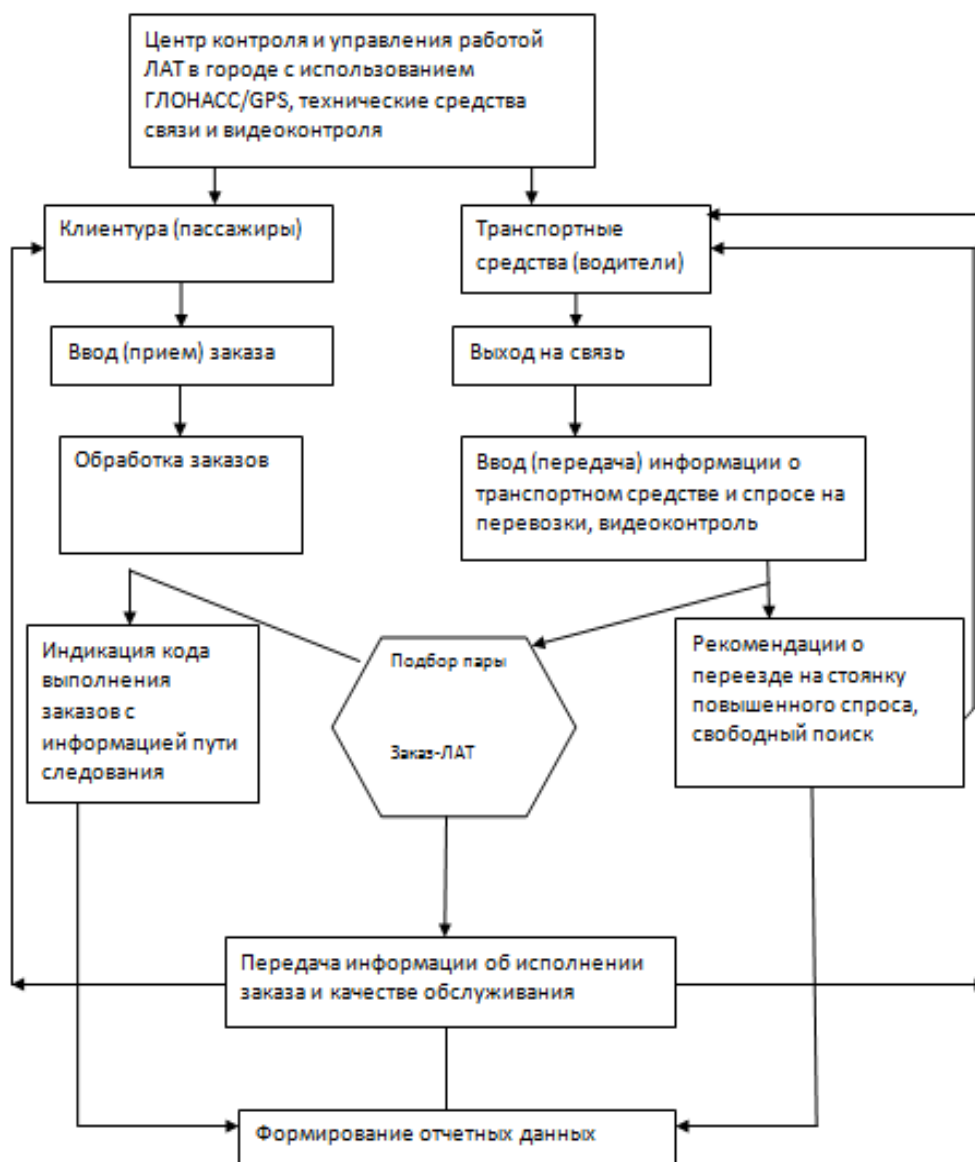


Рис. 2. Схема технологии диспетчерского контроля и управления легковыми автомобилями такси

Для связи водителя и диспетчера должна использоваться двухсторонняя радиосвязь с обычным вызовом, срочным и сигналом опасности. В кузове ЛАТ также должен быть установлен бортовой компьютер, на дисплее которого в автоматическом режиме должно отражаться время прибытия.

Систему предлагается реализовать, по сообщениям ИТСТТ города Ростова-на-Дону, на основе интеллектуальных анализаторов транспортных потоков производства российской фирмы «Модуль» (г. Москва) и широкополосной беспроводной системы передачи данных на основе современного оборудования стандарта WIMAX.

Интеллектуальные анализаторы транспортных потоков могут в реальном времени производить анализ транспортных потоков на каждой полосе и для всех полос. Они определяют: общее количество транспортных средств; количество транспортных средств каждого типа; среднюю скорость движения; среднее расстояние между транспортными средствами; загруженность полосы движения; среднеквадратическое отклонение текущей скорости движения потока (неравномерность движения).

ИТС таксомоторного транспорта предлагается включить в объединенную функциональную подсистему Единой системы координиро-

вания общемуниципального Центра управления (ЦУ) администрации муниципального образования. Такая подсистема может осуществлять с помощью существующих технологий передачу данных в Центр общей логистической системы, обеспечивающей управление всего городского пассажирского транспорта региона в виде совокупности ИТС территориально-административных районов. При этом выявляются узкие места в организации перевозок, работа ЛАТ обеспечивается по кратчайшим расстояниям непосредственно к месту назначения в любое время суток с достаточно высокой скоростью и в комфортных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев, Е. П. Анализ направлений развития ИТС в г. Ростове-на-Дону / Е. П. Зайцев // Автотранспортное предприятие. – 2007. – № 12. – С. 15–17.
2. Гудков, В. А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии : учеб. пособие / В. А. Гудков, М. М. Бочкарева, Н. В. Дулина, Н. А. Овчар; Волг ГТУ. – Волгоград, 2008. – 163 с.
3. Современное состояние и перспективы развития крупных пассажирских транспортно-пересадочных узлов г. Волгограда / И. М. Рябов, А. В. Куликов, Р. Я. Кашманов, А. Н. Карагодина // Сборник научных трудов SWorld. – 2015. – Вып. 1, том 1. – С. 31–35.
4. Пути совершенствования пассажирских перевозок в Волгограде и в Волгоградской области / И. М. Рябов, А. В. Куликов, Р. Я. Кашманов, А. Н. Карагодина // Сборник научных трудов SWorld. – 2014. – Вып. 3, том 1. – С. 38–41.

УДК 621.436.1

*Ю. И. Моисеев, О. А. Попов***СПОСОБ ОЧИСТКИ ОТ КОНДЕНСАТА БАЛЛОНОВ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ АВТОБУСА, РАБОТАЮЩЕГО НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ****Волжский политехнический институт (филиал)
Волгоградского государственного технического университета**

В данной статье рассмотрена актуальная проблема удаления конденсата из системы питания двигателя автобуса, работающего на метане. Предложено решение по модернизации оборудования, способное устранить существующую проблему

Ключевые слова: газовое топливо, система питания газового двигателя, конденсат.

*Y. I. Moiseyev, O. A. Popov***A METHOD OF PURIFYING CONDENSATE FROM THE CYLINDERS OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE ENGINE OF THE BUS RUNNING ON NATURAL GAS****Volzhsy Polytechnic Institute (branch)
Volgograd State Technical University**

This article considers the actual problem of condensate removal from the system power bus engine, running on CNG. The proposed solution for the modernization of equipment is able to eliminate the existing problem.

Keywords: gas fuel, fuel system for gas engine, condensate.

Стремление транспортных компаний к сокращению затрат на перевозку, а также стремление к снижению вредных выбросов, заставляют находить способы использования более эффективных энергоносителей. Таким перспективным транспортным топливом на сегодняшний день стал газ Метан (CH₄). Однако первый опыт эксплуатации транспорта на этом виде топлива показал, что имеется ряд нерешенных проблем при эксплуатации газобаллонного оборудования (ГБО). Одной из них является накапливающийся по мере эксплуатации конденсат.

В настоящее время на современных автобусах установлена система питания, изображенная на рис. 1.

Зачастую во время заправки газовых бал-

лонов на автомобильных газовых наполнительных компрессорных станциях (АГНКС) происходит попадание различных примесей в газовые баллоны, а конкретно конденсат масла и воды. Это связано с тем, что газ на АГНКС сжимается в поршневых компрессорных станциях, в результате чего происходит попадание масла из компрессоров в магистральный трубопровод, а затем масло попадает в баллоны ТС. Количество этого конденсата напрямую зависит от технического состояния АГНКС. После попадания в баллон, конденсат со временем накапливается, что сокращает полезный объем баллона, увеличивается его вес, а также цельнометаллические баллоны подвергаются действию коррозионных процессов, что со временем может привести к разрушению баллона.

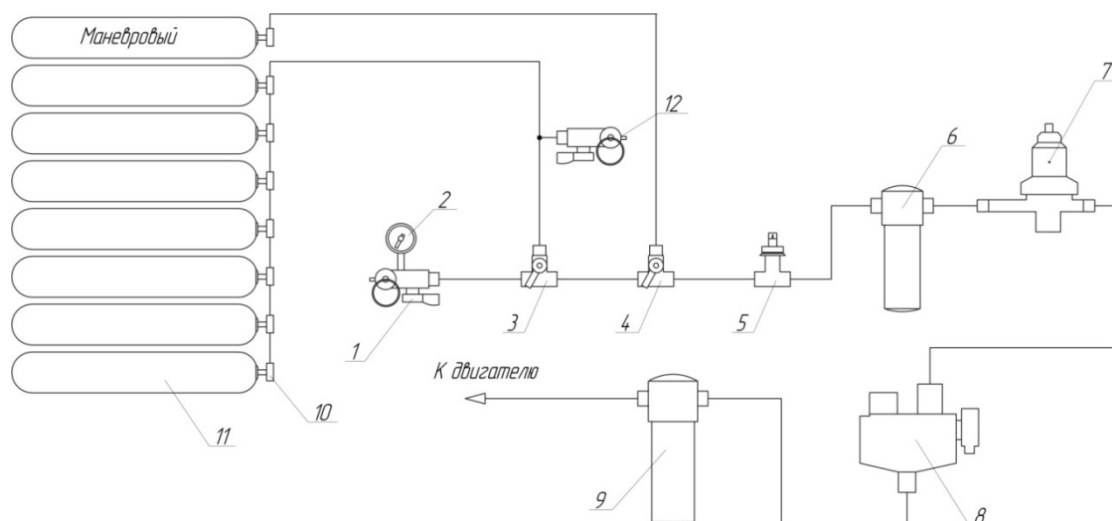


Рис. 1. Система питания автобуса:

1 – запорочное устройство; 2 – манометр; 3 – вентиль магистральный от основных баллонов; 4 – вентиль магистральный от маневрового баллона; 5 – тройник с датчиком давления; 6 – фильтр высокого давления; 7 – редуктор высокого давления; 8 – редуктор низкого давления; 9 – фильтр низкого давления; 10 – вентиль баллона с электромагнитным клапаном; 11 – баллон газовый; 12 – устройство дегазации

Основной трудностью решения данной проблемы является то, что конденсат, накопленный в баллонах практически не выводится, так как баллоны устанавливают преимущественно в горизонтальном положении, а запорная арматура находится на середине уровня баллона. Следовательно, самопроизвольное вытекание накопившегося конденсата из баллона невозможно. Для того чтобы освободить баллоны от конденсата необходимо полностью спускать из системы питания КПП, отсоединять баллоны, производить чистку и последующую сборку и заправку газом. Это является не очень эффективным и невыгодным способом решения данной проблемы.

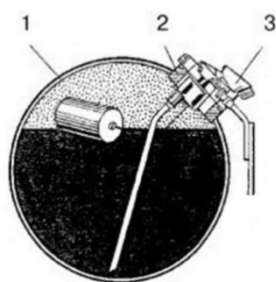


Рис. 2. Баллон СНГ:

1 – стенка баллона; 2 – блок запорно-предохранительной арматуры с запорным устройством и вентиляцией; 3 – трубка для забора газа

Для эффективного решения данной проблемы необходимо доработать существующую систему питания автобуса. Как известно, в системах питания со сжиженным нефтяным газом (СНГ) забор сжиженного газа в баллоне осуществляют-

ся со дна баллона с помощью специальной трубки (рис. 2) [4], что позволяет почти полностью использовать газ, заправленный в баллон. Аналогично данную систему можно применить для очистки баллонов КПП от конденсата.

В нашем случае необходимо оснастить вентиль баллона 1 (рис. 3), а именно его часть, которая ввинчивается в баллон, тонкой изогнутой трубкой 3. Следует отметить, что трубка должна быть точно сделана под конкретный тип баллона, располагаться параллельно стенке на дне для более полного забора конденсата из баллона. Причем, после доработки бывшего в эксплуатации или при производстве нового баллона нужно сделать отметки на вентиле верха и низа баллона. При неправильном расположении баллона не будет происходить забор конденсата.

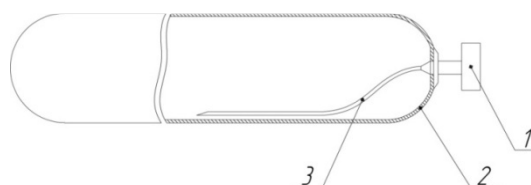


Рис. 3. Модернизированный баллон:

1 – вентиль баллона с электро-магнитным клапаном; 2 – стенка баллона; 3 – трубка для забора газа и конденсата

Следующим компонентом, необходимым для очистки газа от конденсата, является паровлагоотделитель с каплеотбойником (рис. 4), в котором при прохождении газа будет задерживаться основной объем конденсата.

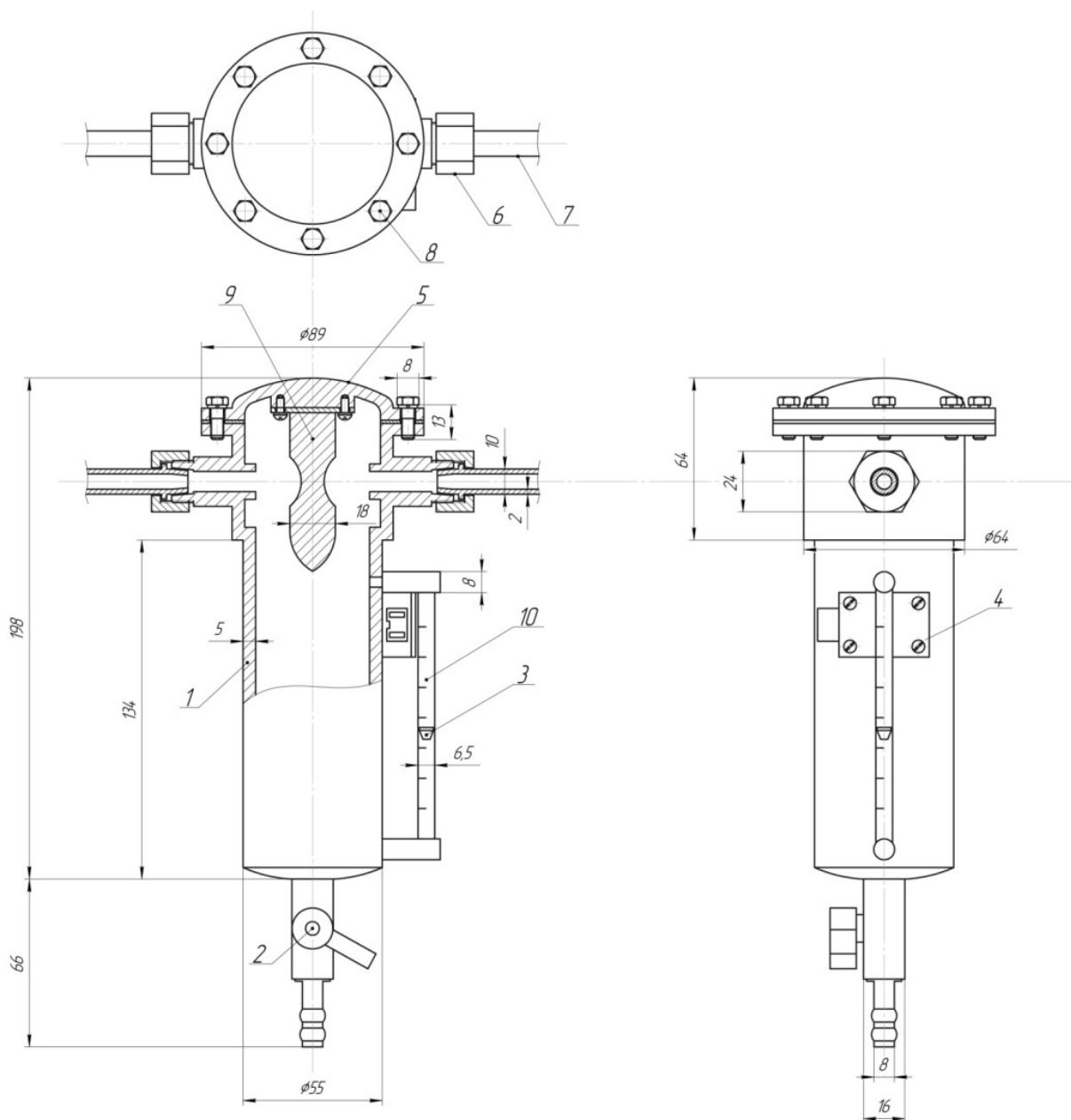


Рис. 4. Паровлагоотделитель:

1 – корпус; 2 – дренажный вентиль; 3 – поплавок с неодимовым магнитом; 4 – датчик заполнения; 5 – верхняя крышка; 6 – гайка газового трубопровода; 7 – газовый трубопровод; 8 – болт М5х13; 9 – каплеотбойник из пористого материала; 10 – уровнемер

При прохождении смеси природного газа и конденсата, жидкая фаза конденсата, ударяясь о каплеотбойник 9 из пористого материала, стекает в нижнюю накопительную часть паровлагоотделителя, а очищенный природный газ поступает дальше в систему питания автобуса. Со временем накопительная часть паровлагоотделителя заполняется конденсатом и поэтому необходимо контролировать уровень конденсата при помощи уровнемера 13. Контроль уровня можно осуществлять визуально по шкале уровнемера, а также по контрольной лампе датчика заполнения в кабине водителя.

Датчик заполнения (рис. 5) срабатывает от воздействия на геркон магнитного поля поплавка 3 (рис. 4) уровнемера, на котором установлен неодимовый магнит. Электрическая схема датчика заполнения паровлагоотделителя показана на рис. 6.

При заполнении ловушки конденсатом перекрывают подачу газа из баллонов при помощи вентилей 12 (рис. 7) и сливают конденсат при помощи дренажного вентиля 2 (рис. 4).

Если учесть описанные выше доработки, то система питания автобуса примет вид (рис. 7).

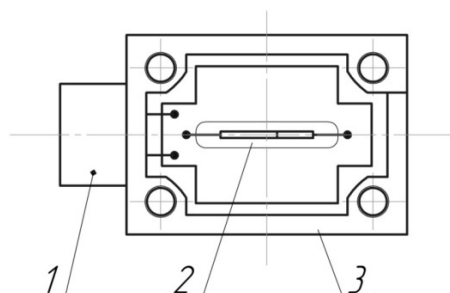


Рис. 5. Датчик заполнения паровлагоотделителя:
1 – электрический разъем; 2 – геркон на плате; 3 – корпус датчика

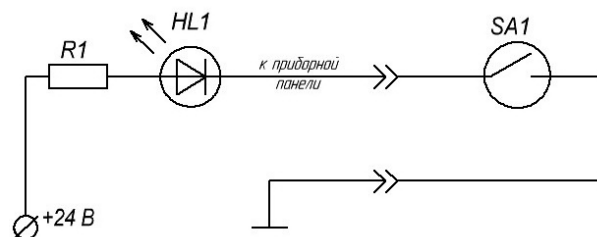


Рис. 6. Электрическая схема датчика заполнения паровлагоотделителя:
R1 – токоограничивающий резистор светодиода;
HL1 – светодиод; SA1 – геркон

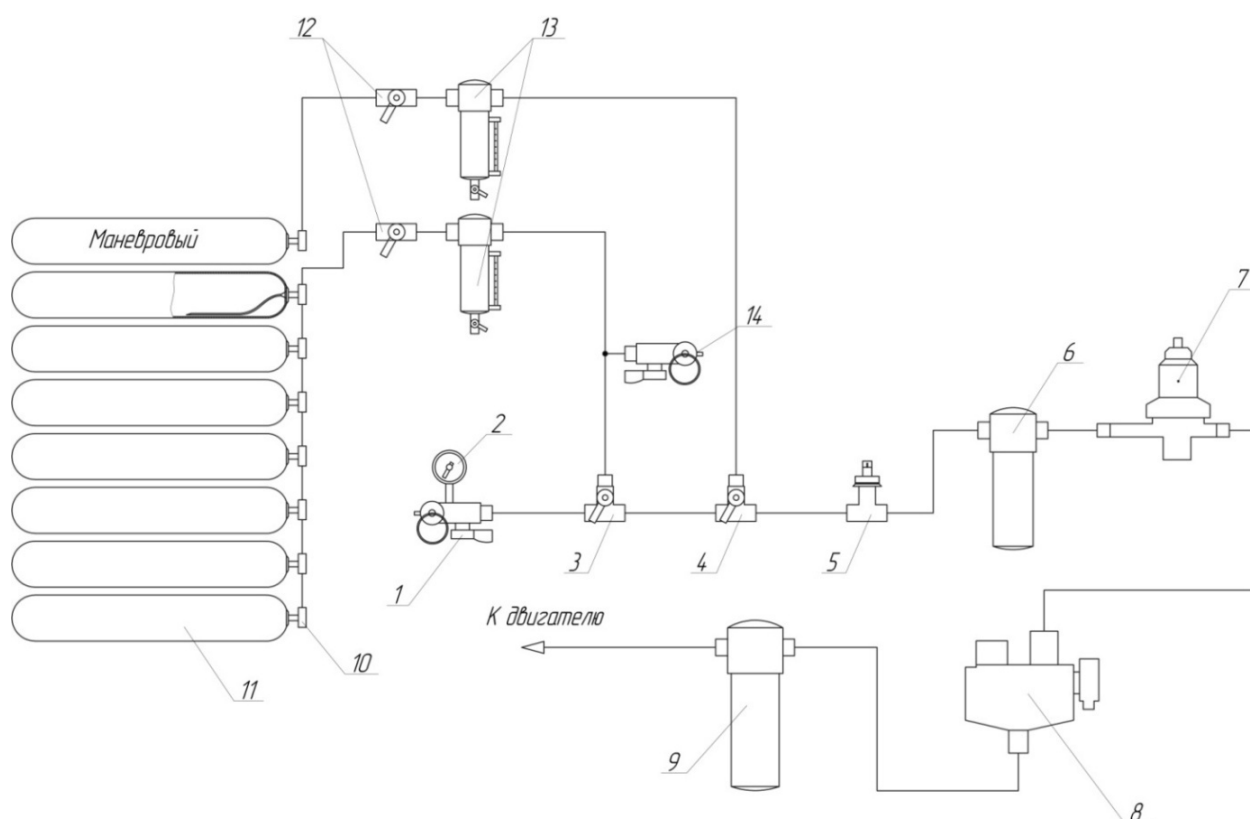


Рис. 7. Система питания автобуса с изменениями:
1 – заправочное устройство; 2 – манометр; 3 – вентиль магистральный от основных баллонов; 4 – вентиль магистральный от маневрового баллона; 5 – тройник с датчиком давления; 6 – фильтр высокого давления; 7 – редуктор высокого давления; 8 – редуктор низкого давления; 9 – фильтр низкого давления; 10 – вентиль баллона с электромагнитным клапаном; 11 – баллон газовый; 12 – вентили, закрывающие подачу газа из баллонов; 13 – паровлагоотделители; 14 – устройство дегазации

Следует отметить, что паровлагоотделитель может улавливать жидкую фазу конденсата как в прямом, так и в обратном направлениях, то есть при работе системы питания и заправке баллонов природным газом. Пористый материал каплеотбойника выполняет роль фильтра в начальный момент заправки баллона, так как газ имеет высокую скорость, которая по мере заправки баллона падает.

Данная система не гарантирует полное удаление примесей из газа, но делает его значительно чище, оставшаяся часть конденсата отфильтруется в фильтрах высокого и низкого давления, в результате чего на выходе ГБО будет чистый газ.

На автобусе паровлагоотделитель может устанавливаться рядом с баллонами, в месте, имеющем доступ для обслуживания данного оборудования.



Рис. 5. Пример мест установки паровлагоотделителя

Система питания автобусов на моторном топливе метан комплектуется 8 цельнометаллическими баллонами, вместимость которых составляет 100 л. Тогда весь объем метана в баллонах составит:

$$V_{CH_4 \text{ в баллонах}} = V_{\text{баллона}} \cdot 8 = 800 \text{ л.}$$

Известно, что на запас хода $L_{з.х.}$ на данном объеме газа в среднем составляет 400 км пути. Рассчитаем количество заправок баллонов n при пробеге автобуса $L = 10000$ км:

$$n = \frac{L}{L_{з.х.}} = \frac{10000}{400} = 25 \text{ раз.}$$

Рассчитаем объем газа, расходуемого автобусом на 10000 км пути:

$$V_{CH_4 \text{ на } 10000 \text{ км}} = V_{CH_4 \text{ в баллонах}} \cdot n = 800 \cdot 25 = 20000 \text{ л} \cdot 0,001 = 20 \text{ м}^3.$$

Известно, что концентрация паров воды в КПП составляет не более $9 \text{ мг/м}^3 = 0,009 \text{ мг/м}^3$ [5], а вынос масла при работе компрессора не должен превышать $0,02 \text{ г/м}^3$ [6].

Рассчитаем объем воды и объем компрессорного масла, попадающих в баллоны при заправке:

$$V_{H_2O} = \frac{C_{H_2O} \cdot V_{CH_4 \text{ на } 10000 \text{ км}}}{\rho_{H_2O}} = \frac{0,009 \cdot 20}{1} = 0,18 \text{ мл,}$$

где ρ_{H_2O} – плотность воды, $\rho_{H_2O} = 1 \text{ г/см}^3$;

C_{H_2O} – концентрация паров воды, мг/м^3 .

$$V_{\text{к.м.}} = \frac{C_{\text{к.м.}} \cdot V_{CH_4 \text{ на } 10000 \text{ км}}}{\rho_{\text{к.м.}}} = \frac{0,02 \cdot 20}{0,905} = 0,44 \text{ мл,}$$

где $\rho_{\text{к.м.}}$ – плотность компрессорного масла, $\rho_{\text{к.м.}} = 0,905 \text{ г/см}^3$;

C_{H_2O} – концентрация компрессорного масла, г/м^3 .

Суммарный объем конденсата за 10000 км пробега автобуса в баллонах составит:

$$V_{\text{конд.}} = V_{H_2O} + V_{\text{к.м.}} = 0,18 + 0,44 = 0,62 \text{ мл.}$$

Следует отметить, что вышеприведенный расчет объема конденсата произведен при иде-

альных условиях, а на практике объем конденсата, попадающего в баллоны, в несколько раз больше расчетного (исходя из информации, предоставленной работниками участка технического обслуживания ГБО Волжского автобусного производства).

Принимаем объем паро-влажготделителя равным 250 мл, так как при пробеге автобуса 90 000 км в баллонах будет находиться 241 мл конденсата.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы: модернизированная система питания позволит увеличить межсервисный интервал технического обслуживания баллонов, а также снизить трудозатраты на ремонт и обслуживание системы питания; из-за низкого содержания влаги в газозоудушной смеси возможно снижение воздействия коррозии на цилиндро-поршневую группу двигателя автобуса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пузанков, А. Г. Автомобили: Устройство автотранспортных средств : учебник для студ., учреждений сред.

проф. образования / А. Г. Пузанков. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 560 с.

2. Лиханов, В. А. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования : учеб. пособие / В. А. Лиханов, Р. Р. Деветьяров. – Киров : Вятская ГСХА, 2006. – 183 с.

3. Моисеев, Ю. И. Внедрение технологий энергосбережения в транспорт путем перевода на газовое топливо (метан) / Ю. И. Моисеев, Е. О. Каткова // Научные труды Sworld. – 2012. – № 4. – С. 79–81.

4. Прудников, Б. И. Применение природного газа в качестве автомобильного топлива / Б. И. Прудников и др. – М. : НИИавтопром, 1985. – 41 с.

5. Захаров, Е. А. Газобаллонное оборудование автомобилей : учеб. пособие / Е. А. Захаров, Ю. И. Моисеев. – ВолгоГТУ, Волгоград, 2015. – 88 с.

6. ГОСТ 27577-87. Газ природный топливный сжатый для газобаллонных автомобилей, 1987.

7. ПБ 09-297-99. Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах, 2000.

УДК 621.433.2

Е. А. Захаров, Ю. В. Левин, П. В. Потапов, Я. Г. Моисеев, Р. К. Статирский, Д. И. Лыков

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА ДВС С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ ЗА СЧЕТ НАСТРОЕК ГАЗОБАЛЛОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Волгоградский государственный технический университет

В работе приведены результаты испытания автомобилей с различными газобаллонными системами, оценено влияние величины коэффициентов впрыска на топливную экономичность газового ДВС, приведены рекомендации по настройке газобаллонного оборудования.

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ, газобаллонное оборудование, электромагнитный блок управления, расход газа.

E. A. Zakharov, Y. V. Levin, P. V. Potapov, Ia. G. Moiseev, R. K. Statirskii, D. I. Lykov

CONSUMPTION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS OF SPARK IGNITION INTERNAL COMBUSTION ENGINES DUE TO THE SETTINGS OF LPG EQUIPMENT

Volgograd State Technical University

The article presents test results of vehicles with various gas systems, evaluated the influence of the values of the coefficients of injection for the fuel efficiency of a gas engine, given recommendations for setting up of LPG equipment.

Keywords: liquefied petroleum gas, gas equipment, electromagnetic control unit, gas consumption, toxicity of exhaust gases.

Рост автомобильного парка в России приводит к увеличению потребления моторных топлив. При этом произошедшее (рис. 1) и ожидаемое в дальнейшем повышение цен на бензин и дизельное топливо делает еще более актуальными вопросы применения газовых топлив – компримированного природного газа и сжиженного углеводородного газа (СУГ),

которые составляют традиционным топливам серьезную ценовую конкуренцию. Кроме того, газовые топлива более экологичны, обеспечивают снижение шума и вибраций ДВС вследствие более равномерного сгорания. При их использовании увеличивается межремонтный пробег и ресурс отдельных узлов и деталей двигателя.

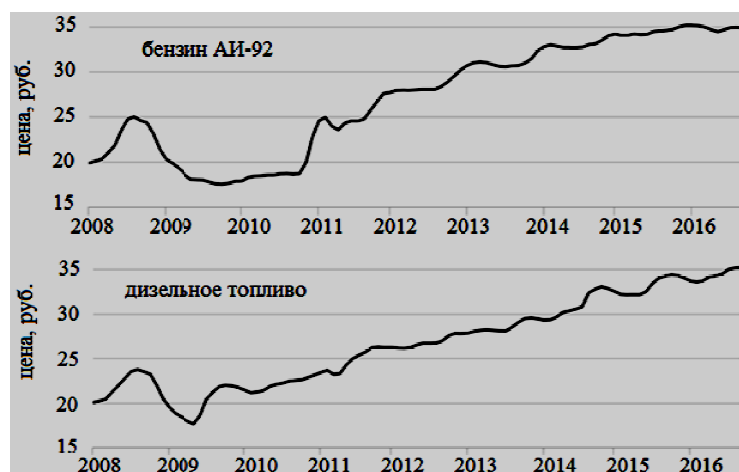


Рис. 1. Динамика изменения цен на автомобильные топлива в РФ

В настоящее время применительно к бензиновым ДВС чаще всего реализуется концепция двухтопливного двигателя. Суть ее заключается в том, что существующий бензиновый двигатель дополнительно оснащается газобаллонным оборудованием (ГБО) для работы на СУГ. При этом данное оборудование должно быть качественно настроено для каждой конкретной модели автомобильного двигателя с учетом особенностей эксплуатации с целью обеспечения его оптимальных мощностных, экономических и экологических характеристик.

В Волгоградском государственном техническом университете проведены экспериментальные исследования эксплуатационных характеристик ДВС при работе на бензине и на СУГ с разными типами газобаллонного оборудования. На основании результатов испытаний разработаны рекомендации по настройке ГБО, учиты-

вающие особенности конкретного двигателя и его эксплуатации.

На первом этапе исследований были проведены испытания автомобилей с ГБО разных типов на динамометрическом стенде Dynapack 6033 4WD. Для испытания было выбрано два автомобиля: автомобиль ГАЗ-24 «Волга», оснащенный ГБО первого поколения с двухступенчатым редуктором-испарителем, и Hyundai Sonata, оснащенный ГБО четвертого поколения. Отличительной особенностью ГБО четвертого поколения является подача газа во впускной коллектор через газовые форсунки, которые управляются самостоятельным электронным блоком управления (ЭБУ) [1].

В результате проведенных экспериментов получены внешние скоростные характеристики автомобильных ДВС, работающих как на бензине, так и на СУГ (рис. 2, 3).

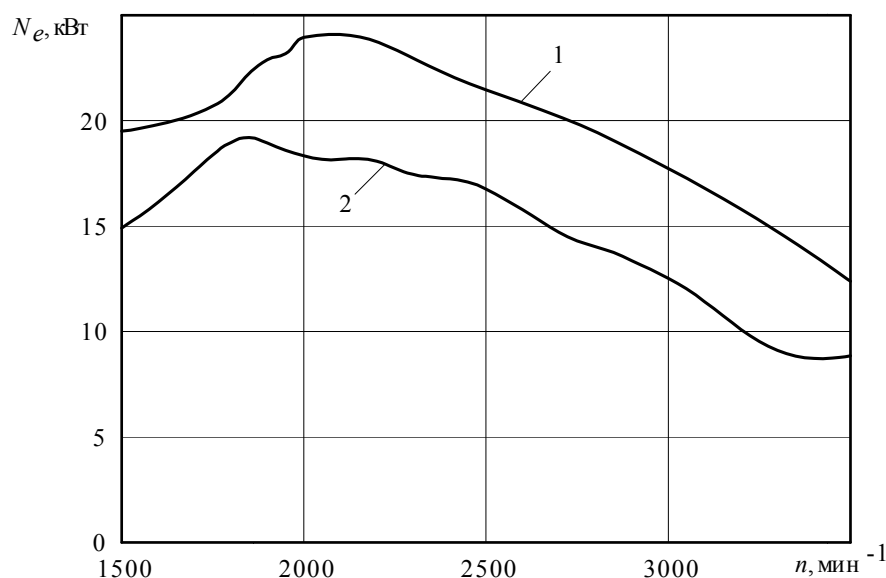


Рис. 2. Внешняя скоростная характеристика двигателя автомобиля ГАЗ-24 «Волга»: 1 – работа на бензине; 2 – работа на СУГ

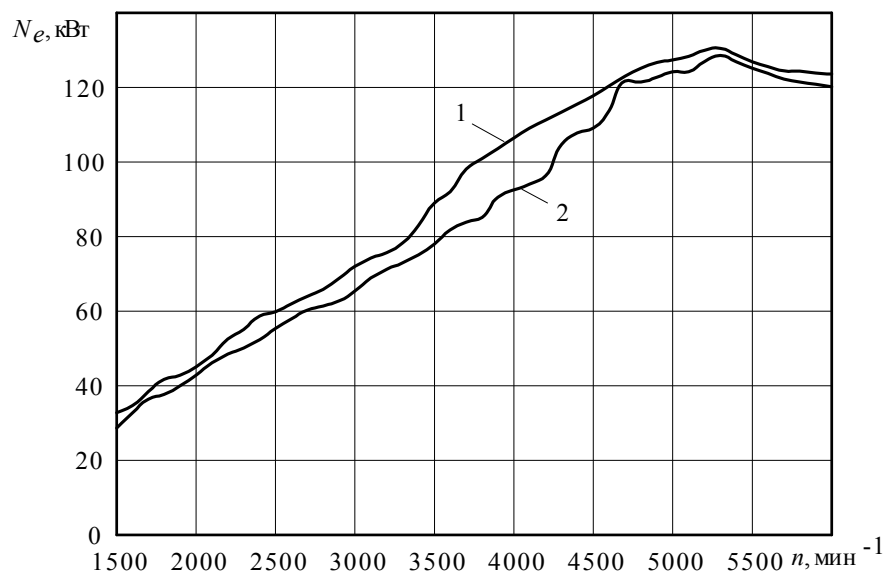


Рис. 3. Внешняя скоростная характеристика двигателя автомобиля Hyundai Sonata:
1 — работа на бензине; 2 — работа на СУГ

Анализ результатов показал, что при работе ДВС на СУГ наблюдается снижение мощности по сравнению с работой двигателя на бензине. Так, для двигателя автомобиля ГАЗ-24 при использовании ГБО первого поколения это снижение достигает 24 %. Для двигателя автомобиля Hyundai Sonata, оснащенного ГБО четвертого поколения, для большинства режимов работы не превышает 10–12 %.

Рекомендуемые мероприятия по подбору и настройке газобаллонного оборудования первого поколения с целью оптимизации его работы подробно описаны в работе [2].

В настоящее время наиболее популярным для питания ДВС СУГ является газобаллонное оборудование четвертого поколения. Использование для ГБО этого вида собственного ЭБУ открывает широкие возможности для повышения топливной экономичности и снижения токсичности отработавших газов путем корректировки длительности открытия газовой форсунки. Для этого в памяти ЭБУ ГБО хранится совокупность поправочных коэффициентов (коэффициентов впрыска), привязанных к длительности открытия бензиновой форсунки и оборотам двигателя — так называемая газовая топливная карта.

Поправочный коэффициент представляет собой следующее соотношение:

$$k_n = \frac{\tau_{LPG}}{\tau_{\text{бенз.}}},$$

где τ_{LPG} — длительность открытия газовой форсунки, $\tau_{\text{бенз.}}$ — длительность открытия бензиновой форсунки.

Для каждого из скоростных и нагрузочных режимов ДВС возможен подбор поправочных коэффициентов, обеспечивающих оптимальные расходы газа и токсичность отработавших газов.

На втором этапе исследования были проведены эксперименты по оценке влияния величины поправочных коэффициентов на топливную экономичность газового ДВС. Для этого была использована установка, состоящая из двигателя ВАЗ-11194 с навесным оборудованием и балансирующей машины MS-218-4, используемой для определения крутящего момента ДВС. На двигатель установлено ГБО четвертого поколения фирмы OMVL. Специализированное программное обеспечение, поставляемое с данным ГБО, позволяет производить его многоуровневую настройку и создавать «гибкую» топливную карту с целью снижения расхода газа.

На рис. 4 представлены зависимости часового расхода газа G_t от эффективной мощности N_e , снятые при разных значениях поправочных коэффициентов, корректируемых в процессе эксперимента.

Как видно из представленных зависимостей, снижение величины поправочного коэффициента с 1–1,05 до 0,8–0,85 позволяет значительно уменьшить расход газа: на режиме холостого хода на 12,5 %, а на режимах малых нагрузок — до 20 % (при $N_e = 10$ кВт). Отметим, что такая корректировка работы газовых форсунок в области малых нагрузок практически не оказывает влияние на мощность ДВС.

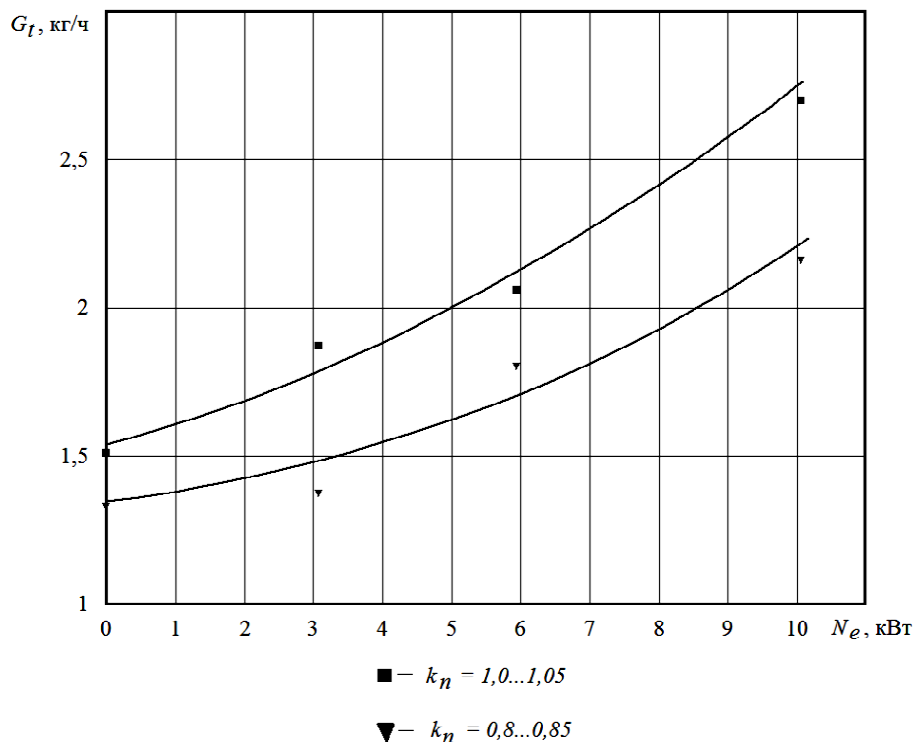


Рис. 4. Зависимости расхода СУГ от эффективной мощности при различных значениях поправочных коэффициентов ($n = 2000 \text{ мин}^{-1}$)

Анализ полученных результатов позволяет заключить следующее. На режиме холостого хода и малых нагрузок с целью снижения расхода топлива поправочный коэффициент целесообразно уменьшать (как известно, в условиях городской езды двигатели легковых автомобилей, маршрутных такси, малотоннажных грузовиков, питаемых СУГ, работают на данных режимах). В режиме средних нагрузок рекомендуется удерживать коэффициент близким к единице, что обеспечит хорошие мощностные характеристики ДВС. При необходимости получения максимальной мощности рекомендуется использование большего времени открытия

газовых форсунок, т. е. коэффициент необходимо выбрать большим единицы.

Выполняя данные рекомендации, можно получить максимальный экономический эффект от перевода двигателя с бензина на сжиженный углеводородный газ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Захаров, Е. А. Газобаллонное оборудование автомобилей : учеб. пособие / Е. А. Захаров, Ю. И. Моисеев. – ВолгГТУ, Волгоград, 2015. – 88 с.
2. Захаров, Е. А. Методика подбора характеристик системы питания сжиженным углеводородным газом для автомобильного ДВС с искровым зажиганием / Е. А. Захаров, А. В. Белов // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2011. – № 3. – С. 3–6.

УДК 621.311

О. О. Ахмедова¹, М. Н. Грачева², Е. И. Кирюхина²

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

¹ Камышинский технологический институт (филиал)

Волгоградского государственного технического университета

² Волгоградский государственный технический университет

В статье приведен анализ измерительных преобразователей тока для релейной защиты и автоматики. Описаны принципы действия преобразователей тока и их преимущества и недостатки. Результаты анализа могут быть использованы при проектировании систем релейной защиты.

Ключевые слова: линии электропередачи, аварийные режимы линий электропередачи, релейная защита и автоматика, измерительные преобразователи тока и напряжения.

O. O. Akhmedova¹, M. N. Gracheva², E. I. Kiryuhina²

THE MODERN DEVELOPMENT OF THE MEASURING CURRENT TRANSFORMERS FOR RELAY PROTECTION AND AUTOMATION IN THE ENERGY SECTOR

¹ Volgograd State Technical University (branch in Kamyshin)

² Volgograd State Technical University

The analysis of measuring converters of current for relay protection and automatic equipment is provided in article. The principles of operation of converters of current and their advantage and shortcomings are described. Results of the analysis can be used at design of systems of relay protection.

Keywords: power lines, emergency operation of power lines, relay protection and automatic equipment, measuring converters of current and tension.

Работы в области создания цифровых подстанций и сетей SMART GRID предъявляют все более высокие требования к первичным преобразователям тока и открывают возможности использования новых принципов измерений. Несмотря на столетний опыт в области создания и эксплуатации электромагнитных трансформаторов тока, и учитывая то, что они являются основными первичными преобразователями для цепей релейной защиты и автоматики, полностью устранить недостатки, присущие трансформаторам, не удалось. Одним из существенных недостатков трансформатора является насыщение магнитопровода во время коротких замыканий, сопровождающихся апериодической составляющей. Использование разомкнутых магнитопроводов снижает насыщение, но и снижает точность измерения. Все основные исследования электромагнитных трансформаторов для релейной защиты выполнены и их потенциальные возможности уже исчерпаны.

Создание первичных преобразователей на других физических принципах действия открывает новые возможности.

Таким образом, существуют перспективы развития измерительных преобразователей тока для релейной защиты и автоматики в энергетике. Для обоснованного выбора преобразователей для конкретной задачи необходим анализ существующих разработок в этой области.

Электромагнитные трансформаторы тока. Традиционные трансформаторы тока (ТТ) применяются в энергетике на всех напряжениях от 6 кВ до 1150 кВ, которые обеспечивают информацией о первичном токе все системы управления и учета электроэнергии.

Высоковольтные трансформаторы тока имеют следующие достоинства и недостатки (табл. 1).

Поскольку насыщение магнитопровода ТТ апериодической составляющей тока КЗ вытекает из физического принципа действия трансформатора (постоянный ток не трансформиру-

ется), этот недостаток не может быть исправлен принципиально, но характеристики ТТ могут быть улучшены.

Таблица 1

Достоинства	Недостатки
Высокий класс точности – 0,2–0,5S. В лабораторных ТТ достигим класс точности 0,1S и выше	Насыщение магнитопровода и отсутствие передачи информации о первичном токе в первые периоды аварийного переходного процесса
Простота и надежность ТТ в сетях 6–10–35 кВ.	Высокая аварийность из-за проблем с изоляцией.
Температурная стабильность характеристик ТТ	Взрыво- и пожароопасность трансформаторов
	Большие размеры и масса ТТ
	При размыкании вторичных цепей ТТ на зажимах вторичных обмоток возникает опасное перенапряжение

Одной из последних разработок являются ТТ с сердечником из нанокристаллического железа.

ТТ на сердечниках из нанокристаллических сплавов имеют перед ТТ на сердечниках из электротехнической стали следующие преимущества:

- 1) устойчивость метрологических характеристик к намагничиванию постоянным током;
- 2) уменьшенные в 4–10 раз потери на вихревые токи и перемагничивание сердечника;
- 3) повышенный (двойной) технологический запас по классу точности;
- 4) более длительный срок службы с сохранением метрологических характеристик и потенциально больший межповерочный интервал;
- 5) меньшие затраты материала на сердечник и обмотки, меньшие габариты и вес ТТ.

Указанные преимущества ТТ с нанокристаллическими сердечниками делают их более перспективными для применения в качестве

Таблица 2

Достоинства	Недостатки
Высокая точность	В высоковольтных цепях исчезает их основное достоинство миниатюрность
Возможность измерения как постоянных, так и переменных токов	Зависимость от температуры
Миниатюрность	Необходимость внешнего источника питания
Отсутствие вносимых в систему потерь мощности	Невысокий, по сравнению с ТТ, диапазон номинальных напряжений
Широкий диапазон частот	Необходимость подключения измерительного преобразователя к стабильному источнику постоянного тока

основных систем контроля и учета электроэнергии (АИИС КУЭ), однако сердечники магнитопроводов из нанокристаллического материала также подвержены насыщению, что ограничивает их использование для целей релейной защиты.

Датчики Холла. Принцип действия датчиков тока на основе эффекта Холла поясняется схемой, приведенной на рис. 1.

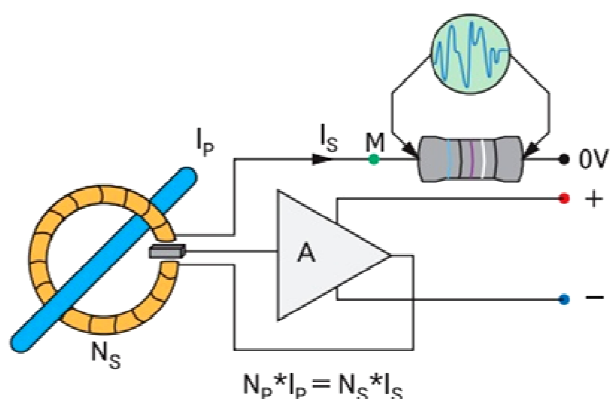


Рис. 1. Датчика тока на основе эффекта Холла

Первичный проводник с измеряемым током проходит через чувствительный элемент, в качестве которого чаще всего используется магнитопровод из магнитомягкого материала. Создаваемый этим током магнитный поток концентрируется в магнитной цепи и преобразуется в воздушном зазоре с помощью находящегося там датчика Холла. Сигнал с датчика Холла усиливается и подается в обмотку на магнитопроводе. Магнитное поле, создаваемое током этой обмотки, компенсирует магнитное поле измеряемого тока. Датчик Холла в этом случае работает как элемент сравнения в очень узкой области характеристики преобразования, что обеспечивает малую нелинейность преобразования и низкую зависимость от индивидуального разброса параметров датчиков Холла. Компенсирующий ток является одновременно выходным током датчика с линейным токовым выходом.

Работа устройства (рис. 1) поясняется формулой:

$$N_p I_p = N_s I_s,$$

где N_p и I_p – соответственно число витков и ток первичной обмотки датчика; N_s и I_s – соответственно число витков и ток вторичной обмотки датчика.

Датчики Холла имеют следующие достоинства и недостатки (табл. 2).

Катушка Роговского. Традиционная катушка Роговского состоит из провода, намотанного на немагнитный сердечник ($\mu_r=1$). Катушка затем размещается вокруг проводников, токи которых необходимо измерить. В новых разработках используются печатные платы (PCB) с отпечатанными витками (рис. 2).

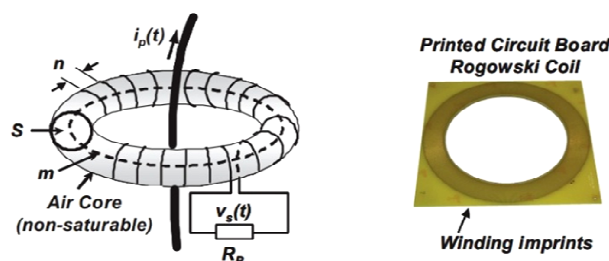


Рис. 2. Катушка Роговского

Выходное напряжение пропорционально скорости изменения измеряемого тока:

$$v_s(t) = -M \frac{di_p(t)}{dt},$$

где $M = \mu_0 \times n \times S$; M – взаимная индуктивность; μ_0 – проницаемость воздуха; S – площадь поперечного сечения сердечника; n – плотность витков.

Применение современных, защищенных от мешающих магнитных полей, катушек Роговского в релейной защите и автоматике получило в последние годы новый импульс развития.

Таблица 3

Достоинства	Недостатки
Высокая точность измерения (погрешность не более 0,1 %)	Применяется для измерения импульсных токов большой величины
Широкий диапазон измерений	Обладают чувствительностью к внешним магнитным полям
Широкий частотный диапазон до 1 МГц и более	Необходимость в интегрирующем устройстве
Незначительные габаритные размеры	
Гальваническая развязка с первичной цепью	
Отсутствие необходимости выполнения поверки	
Отсутствие необходимости обеспечения оперативным питанием и низкая стоимость	

Оптико-электронные трансформаторы.

На основе волоконно-оптических технологий были разработаны измерительные преобразователи тока и напряжения нового поколения (ВОПТ – токовые, ВОПН – напряжения и ВОПК – комбинированные, называемые оптической измерительной единицей – *Optical Metering Unit*), выпускаемых корпорацией «Nxt Phase».

В оптоэлектронных ТТ используется эффект Фарадея (рис. 3), заключающийся во вращении плоскости поляризации линейно поляризованного света в оптически активном веществе под действием внешнего магнитного поля. Измеряя угол поворота плоскости поляризации света, можно определить индукцию магнитного поля или силу тока, если преобразователь поместить в магнитное поле измеряемого тока.

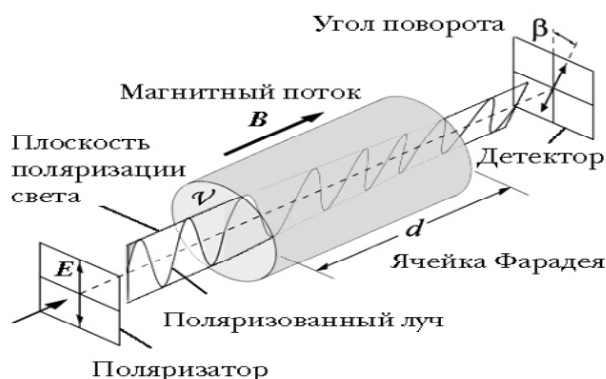


Рис. 3. Магнитооптический преобразователь на основе эффекта Фарадея

Угол поворота плоскости поляризации света (рад.) определяется следующим соотношением:

$$\beta = \nu B d,$$

где B – плотность магнитного потока, Тл; d – длина части ячейки Фарадея, взаимодействующей с магнитным потоком, м; ν – константа Вердета для данного материала ячейки Фарадея.

Разработкой устройств такого рода занимаются уже лет 30–40 и только сравнительно недавно на рынке появились оптические трансформаторы тока.

Данные измерительные преобразователи имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными электромагнитными ТТ (табл. 4).

Таблица 4

Достоинства	Недостатки
Высокая точность контроля	Стоимость оптических ТТ
Естественная гальваническая развязка первичных и вторичных цепей	Большие значения размеров, массы и потребляемой мощности у электронно-оптического блока
Отсутствие выноса потенциала с ОРУ	
Снижение эксплуатационных затрат	
Массогабаритные показатели значительно меньше, чем у традиционных трансформаторов	
Высочайшая термическая и электродинамическая стойкость	
Высокая линейность	
Отсутствие явлений насыщения, гистерезиса, остаточного необратимого изменения параметров после перегрузки. Отсутствие явления резонанса	
Отсутствие влияния нагрузки вторичных цепей и потерь в них	

Основной метрологической характеристикой ОТТ является погрешность измерения. В паспорте преобразователя указана погрешность 0,4 %. Оценим реальную суммарную погрешность ОТТ с учетом влияния внешних факторов.

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_S^2 + \delta_{\Phi}^2 + \delta_{\beta}^2 + \delta_{\phi}^2}$$

где δ_s – погрешность от закручивания волокна, 0,5 %; δ_ϕ – погрешность в зависимости от ориентации анализатора относительно азимутально-го угла поляризации на выходе волокна, 0,5 %; δ_β – погрешность величины двулучепреломления в узлах ввода-вывода излучения, 1 %; δ_θ – погрешность от влияния температуры на модуляционные характеристики датчиков, 1 %;

$$\delta_\Sigma = \sqrt{0,5^2 + 0,5^2 + 1^2 + 1^2} = 1,581 \%$$

Таким образом, полная погрешность измерения в рабочих условиях может достигать значения 1,581 %, которое превышает заявленное значение.

Выводы: приведенный в статье анализ современных измерительных преобразователей тока позволяет обоснованно осуществлять их выбор при проектировании релейной защиты и автоматики. Описаны принципы действия преобразователей тока и их преимущества и недостатки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев, В. Д. Измерительные преобразователи тока для цифровых устройств для релейной защиты и автоматики / В. Д. Лебедев, Г. А. Филатова, А. Е. Нестерихин // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем. – Екатеринбург, 2013.
2. Любомир, А. Современная релейная защита с датчиками тока на базе катушки Роговского / Любомир А. Коджович, Мартин Т. Бишоп // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : Сб. докладов Международной науч.-техн. конференции (Москва, 7–10 сентября 2009).
3. Портной, Г. Современные магнитоэлектрические датчики Холла и приборы на их основе / Г. Портной // Вестник № 1 (39). – 2013.
4. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников : под ред. Э. Удда. – Москва : Техносфера, 2008. – 520 с.
5. Гуревич, В. Оптоэлектронные трансформаторы: патента или частное решение частных проблем / В. Гуревич // Вести в электроэнергетике. – 2010. – 2.
6. Власов, М. А. Оптические трансформаторы: первый опыт / М. А. Власов. – Энергоэксперт, 2007. – № 1.
7. Ураксеев, М. А. Математическая модель магнитооптического преобразователя для автоматизированных технологических процессов / М. А. Ураксеев, Н. А. Авдонина. – Вестник УГАТУ. – № 2 (35). – С. 69–73.

УДК 629.113

*Э. К. Чибанда, В. М. Славуцкий, А. В. Курапин, Е. А. Шкумат,
Н. К. Иконников, Е. Д. Тершуков*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ЭНЕРГОРЕСУРСА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

Волгоградский государственный технический университет

В статье рассмотрены возможные пути использования пальмового масла как возобновляемого энергоресурса в качестве топлива для дизелей. Представлены результаты анализа возможностей работы дизелей на пальмовом масле и его смесях с дизельным топливом различного состава. При этом наблюдается улучшение показателей токсичности отработанных газов, а также повышение экономического эффекта при эксплуатации автомобильных и тракторных дизелей.

Ключевые слова: дизель, дизельное топливо, пальмовое масло, смесевое биотопливо.

*E. K. Tshibanda, V. M. Slavutsky, A. V. Kurapin, E. A. Shkumat,
N. K. Ikonnikov, E. D. Tershukov*

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING PALM OIL AS A RENEWABLE ENERGY RESOURCE AS A FUEL FOR DIESEL ENGINES

Volgograd State Technical University

The potential possibility ways of palm oil using as renewable energy resource as a fuel for diesel engines are considered. The results of the analysis are presented opportunities working diesels with palm oils and its blends with diesel fuel in the different proportion. Improved indicators of toxicity of exhaust gases as well as economic benefits when used in automobile and tractor diesels engines.

Keywords: Diesel engine, diesel fuel, palm oil, mixed biofuel.

В мировой структуре парка двигателей внутреннего сгорания транспортного назначения дизели составляют от 49 до 63 % (в зависимости от страны). Дизели являются и основным источником выбросов токсичных веществ

в атмосферу. Например, в Великобритании на их долю приходится 35,5 % всех выбросов, во Франции – 32 %, в Китае – 65 %, в Африке – 2 %, хотя в больших городах Африки эта доля возрастает до 20 ÷ 30 % [2].

Особенно тяжелая экологическая обстановка складывается в крупных городах мира, где повышение концентрации токсичных выбросов в атмосферу привело к глобальному изменению климата и климатическим аномалиям. Законодательные ограничения во всем мире становятся все более строгими к экологичности топлива двигателей внутреннего сгорания. Это явилось причиной модернизации дизельных двигателей.

Спрос на топливо возрастает, истощение мировых запасов нефти увеличивается, что привело к необходимости реконструкции топливно-

энергетического комплекса путем более глубокой переработки нефти, применения энергосберегающих технологий, перехода на менее дорогостоящие виды топлива и введение инициатив по сокращению выбросов. Для ограничения негативного воздействия автомобильных выбросов на среду обитания человека национальные стандарты нормируют их концентрации (ПДК) в рабочей зоне и в атмосфере, а также их массовые выбросы. В табл. 1 представлены требования евростандартов к содержанию вредных веществ в отработавших газах дизелей.

Таблица 1

Европейские экологические требования к содержанию вредных веществ, г/км

Стандарт	CO	HC + NO _x	NO _x	Частицы	Дата введения
Евро-5	0,5	0,23	0,18	0,005	Сентябрь 2009
Евро-6	0,25	0,17	0,08	0,005	Сентябрь 2014

Одним из наиболее перспективных направлений по уменьшению вредных выбросов и решению проблемы истощения запасов нефти является адаптация двигателей к работе на альтернативных топливах как возобновляемом энергоресурсе.

Альтернативные топлива (АТ) – это топливо из сырья, в основном ненефтяного происхождения. АТ могут применяться на энергопотребляющих устройствах, работающих на нефтяном топливе. Основные виды альтернативных топлив: сжиженные и компримированные горючие газы, спирты и продукты их переработки, топливные смеси, искусственное жидкое топливо, водород.

Важное место среди альтернативных топлив занимает биотопливо – топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов. Для использования в дизелях применяется биодизельное топливо (БТ) – топливо на основе растительных или животных жиров (масел), а также продуктов их этерификации. В настоящее время во многих странах мира производится жидкое биодизельное топливо (БТ) из разных видов растительных масел: рапсового, соевого, канолового, пальмового, яatroфового, касторового и некоторых других. БТ может применяться в дизелях как в чистом виде, так и в виде различных смесей с дизельным топливом (ДТ).

Применение БТ в технике прогрессивно увеличивается, идет продвижение его на рынке. Спрос на это топливо будет увеличиваться

в ближайшем будущем. По прогнозам международного агентства энергии (IEA-2011), к 2050 г. около 27 % транспортных средств будут работать исключительно на БТ [12,13].

Наибольшие перспективы, особенно для развивающихся стран мира, имеют те альтернативные виды топлива, исходную основу сырья для которых составляют растительные масла и биогаз. Как сырье для моторного БТ массового использования растительные масла имеют наилучшие перспективы.

На европейском континенте БТ на основе растительных масел применяются на автомобилях с дизельными двигателями во Франции, Австрии, Германии (фирмы Renault, Volkswagen), в США – фирмы John Deere, Allis Chalmers, Caterpillar и другие. В России (МГТУ им. Н. Э. Баумана, РУДН, МГУ) активно работают в этом направлении.

В общих расходах по изготовлению БТ 75 % его стоимости составляет масличное сырье [7, 8]. Это является его важным преимуществом. Следовательно, применение моторных топлив из указанного сырья в исходном виде (или после специальной химической обработки), а также в смеси с ДТ в ряде случаев будет экономически значительно более выгодным в странах, где пальмовое масло производится в избытке, при том что средняя цена одного литра ДТ там составляет около двух долларов.

По оценке ФАО (FAO – Food and Agriculture organisation) – «Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН», к 2030 г. при повышении спроса на растительные масла

в пищевой промышленности и энергетике их мировое потребление и производство будут в два раза больше, чем в 2000 г. [12,13].

Источником растительных масел являются масличные растения, содержащие в различных своих частях растительные жиры. Жирные кислоты, являющиеся основными компонентами БТ, представляют собой высокомолекулярные кислородосодержащие соединения с углеводородным основанием. По своей химической структуре они схожи с углеводородами, входя-

щими в состав нефтяного дизельного топлива.

Биотопливо характеризуется минимальным содержанием серы и полуциклических ароматических углеводородов, высоким цетановым числом, высокой температурой вспышки. Оно является нетоксичным, биоразлагаемым, незагрязняющим окружающую среду и хорошо смешиваемым с дизельным топливом, их характеристики относительно близки. Свойства БТ из различных видов растительных масел в сравнении с дизельным топливом показаны в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические свойства альтернативных топлив [1,3,4]

Физико-химическое свойство	Дизельное топливо	Масло							
		рапсовое	арахисовое	подсолнечное	соевое	пальмовое	оливковое	хлопковое	касторовое
Плотность при 20 °С, кг/м ³	830	916	917	923	924	918	914	919	1069
Вязкость кинематическая мм ² /с при:	3,8	75,0	81,5	65,2	—	—	—	—	—
20 °С									
40 °С									
100 °С									
Цетановое число	45	36	37	33	50	5 51	—	—	—
Количество воздуха, необходимое для сгорания одного килограмма вещества, кг	14,3	12,6	11,2	11,1	12,5	12,7	—	12,5	—
Теплота сгорания низшая, Н ₀ , МДж/кг	42,3	37,3	37,0	37,0	37,0	37,1	—	—	—
Температура самовоспламенения, °С	250	318	—	320	318	315	285	316	296
Температура застывания, °С	–35	–20	—	–16	–12	+30	–12	–18	–27
Массовое содержание серы, %	0.20	0,002	—	—	—	—	—	—	—
Массовое содержание, %									
С	87,0	78,0	78,0	77,6	77,5	76,6	—	77,1	—
Н	12,6	10,0	12,3	11,5	11,5	12,0	—	11,7	—
О	0,4	12,0	9,7	10,9	11,0	11,4	—	11,2	—
Кислотность, мг КОН / 100 мл топлива		4,66	—	2,14	0,03	0,17	5,90	0,23	0,19
Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,2	0,40	—	0,51	0,44	—	0,20	0,23	—

Примечания: Для параметров со знаком «—» нет данных.

Высокое цетановое число БТ (например, для пальмового масла его значение 51 и более) способствует сокращению периода задержки воспламенения и менее «жесткой» работе дизеля. Повышенная температура вспышки в за-

крытом тигле (120 °С) обеспечивает высокую пожаробезопасность. Растительные масла имеют, в сравнении с обычными топливами, высокую вязкость [14]. Это вызывает отложения на деталях инжекторов и поршнях. Отложения за-

метно влияют на параметры процессов топливopодaчи, распыливания, смесеобразования и сгорания.

Из четырех видов растительного масла (пальмовое, соевое, рапсовое, подсолнечное) пальмовое является среди масличных культур наиболее привлекательным. В перспективе возможно 12-кратное увеличение его производства [15].

В состав пальмового масла входят одиннадцать жирных кислот, среди которых наиболее представительными являются пальмитиновая – 40 %, олеиновая – 38 %, линолевая – 10 %, стеариновая – 4 %. Температура воспламенения пальмового масла составляет $260\div 300$ °C, коксуемость – 1,3 %, йодное число – 57, плотность при 21 °C – 898 кг/м^3 , динамическая вязкость при 21 °C – 88,6 сПз, теплота сгорания – 37,1 МДж/кг. Экологические системы происхождения могут влиять на состав и свойства сырья, что было отмечено в одной из лабораторий США [7,16,18].

В прогнозах на 2035 г. пальмовое масло рассматривается как наиболее перспективное сырье для развития биоэнергетики и вызывает интерес как высокоэнергетический компонент, способный компенсировать спрос на основное сырье по производству БТ в странах Евросоюза и в мире, когда рапсовое, соевое и подсолнечное масла будут в недостаточной степени удовлетворять спрос при производстве БТ на мировом рынке, в том числе и по сравнению цен на разные виды масла (см. табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная стоимость производства разных видов масла

Масло	Стоимость (доллар/т)	Страна/регион
Пальмовое	228	Малайзия
Соевое	400	США
Рапсовое	648	Канада
Рапсовое	900	Европа
Подсолнечное	435	Россия

Пальмовое масло является более выгодным для промышленности, поскольку требует меньше затрат энергии и труда для получения одной тонны продукта, по сравнению с такими сельскохозяйственными культурами, как соя и рапс.

Пальмовое масло может быть использовано в качестве альтернативного топлива для дизелей. Однако для его применения в чистом виде

необходимо решение проблем, связанных с его прокачиваемостью по топливной системе и распыливанием, поскольку при температуре ниже 30 °C оно теряет подвижность. Поэтому целесообразно использование пальмового масла смесях с ДТ либо в виде сложных эфиров, получаемых при обработке этого масла этанолом или метанолом. Эти топлива имеют лучшие характеристики текучести и распыливания.

Некоторые свойства пальмового масла как топлива отличаются от свойств ДТ (табл. 2). Низшая теплота сгорания пальмового масла меньше, чем у ДТ, что объясняет заметное увеличение расхода масла по сравнению с ДТ при одинаковой мощности двигателя. С другой стороны, плотность пальмового масла выше, следовательно, его масса при впрыскивании также будет больше. Температура воспламенения пальмового масла намного выше, чем у ДТ, что вызывает дополнительные трудности при пуске дизеля.

По сравнению с ДТ в пальмовом масле небольшое содержание серы. Ароматических углеводородов типа полициклических – значительно меньше, чем у ДТ. Масло сохраняет более низкий остаток углерода. Содержание кислорода в пальмовом масле больше (около 11 %), чем в ДТ, что благоприятно сказывается на экологических показателях двигателя. Это свойство пальмового масла позволяет использовать его в качестве антидымных присадок к ДТ для снижения эмиссии в выхлопе дизелей.

Использование пальмового масла в чистом виде, в качестве топлива для дизелей, повышает нагарообразование – отложение кокса на распылителях форсунок и других деталях, образующих камеру сгорания. Увеличению нагарообразования способствует повышенная коксуемость в камере сгорания [1–3,14].

Недостатком пальмового масла, используемого в качестве топлива для дизельных двигателей, является высокая температура застывания, обусловленная, главным образом, наличием в его составе ненасыщенных жирных кислот. Сложный состав пальмового масла является причиной отличий его физико-химических свойств от таковых у дизельного топлива. Отличия физических свойств пальмового масла и топлива на его основе от свойств стандартных ДТ оказывают влияние на протекание процессов топливopодaчи и смесеобразования в дизеле. Эти процессы, в значительной мере, определяются плотностью, вязкостью, сжимаемостью, и поверхностным натяжением топлива [1–3,14].

Главное преимущество пальмового масла как биологического топлива в том, что его, как и любое другое масло, можно смешивать с ДТ в любой пропорции и можно применять в дизелях без радикального изменения их конструкции. Высокую вязкость пальмового масла можно уменьшить, используя существующие методы: смешивание, создание микроэмульсии, пиролиз и трансэтерификация. Наибольший ресурс дизеля получают при смешивании 20–40 % пальмового масла с дизельным топливом [1–3].

Рашид М. М. и др. (Rashid et al) [19] исследовали работу дизеля с применением биотоплива на основе пальмового масла (PB20), ятрофы (JB20) и метилового эфира морингового масла (MB20). Результаты исследований сравнивались с таковыми при использовании ДТ (B0). Установлено, что снижение эффективной мощности составило 8,03 % для MB20, 6,92 % для PB20, 8,75 % – для JB20. Повышение удельного эффективного расхода топлива составило 8,39 % для MB20, 7,15 % – для JB20 и 5,42 % – для PB20. Причина – низкая теплотворная способность масел. Понижение выбросов CO: 22,93 % – MB20, 27,23 % – JB20 и 32,65 % – PB20. Это объясняется присутствием большего процентного содержания кислорода в масле. Понижение выбросов CH: 30,26 % – PB20, 19,73 % – JB20, 11,84 % – MB20. Это также объясняется более высоким содержанием кислорода, высоким цетановыми числами, а также высоким содержанием насыщенных жирных кислот. Повышение выбросов NO_x: 6,91 % – PB20, 14,22 % – JB20 и 18,56 % – MB20, объясняется более ранним сгоранием биодизельных топлив и, следовательно, более высокой температурой в конце сгорания из-за более высоких цетановых чисел. Важным при этом является и более высокое содержание кислорода в маслах.

Результаты испытаний показали снижение эффективной мощности при использовании CB5 на 0,7 %, PB5 на 1,2 % по сравнению с вариантом использования дизельного топлива, что объясняется более низкой теплотворной способностью масел. Снижение выбросов CO по сравнению с ДТ составило 7,3 % для CB5 и 21 % для PB5, снижение выбросов CH составило 23 % для CB5 и 17 % для PB5. Результаты измерений эмиссии NO_x: при использовании CB5 выбросы NO_x уменьшились на 1 % по сравнению с ДТ, при использовании PB5 – увеличились на 2 %. Это объясняется тем, что, пальмовое масло, содержащее 49 % ненасы-

щенных жирных кислот, быстрее реагирует с N₂ и продуцирует большее количество NO_x из-за большего количества реакций.

Бенжумея и др. (Benjumea et al) в 2009 г. [21] при испытаниях дизелей применяли пальмовое масло и его смеси как альтернативное топливо. Контролировались следующие параметры: момент впрыскивания топлива, давление газов в цилиндре, тепловыделение, температура сгорания. Установлено следующее: плохое качество воспламенения из-за невозможности качественного распыливания высоковязкого топлива. Для устранения указанного недостатка было предложено использовать микроэмульсии, трансэтерификацию, изменить конструкцию двигателя и топливной системы.

В ы в о д ы

1. Уже через несколько лет приоритетным при обеспечении энергоносителями станет моторное топливо растительного происхождения. Пальмовое масло является перспективным в качестве возобновляемого топлива как по техническим, так и по экономическим причинам в условиях мирового рынка [12, 13].

2. Доказано, что использование пальмового масла в качестве моторного топлива как в исходном состоянии, так и в смеси с дизельным топливом, позволяет уменьшить эмиссию твердых веществ, CH, CO, CO₂ из-за высокого значения цетанового числа и большого содержания в нем кислорода [5, 6, 11].

3. К недостаткам использования пальмового масла следует отнести плохое качество его распыливания, отложения на компрессионных кольцах и впускных клапанах, а также их повышенный износ, что связано с физико-химическими характеристиками масла. Эти недостатки можно устранить путем создания водотопливных эмульсий, трансэтерификации пальмового масла и некоторых изменений в конструкции топливоподающей аппаратуры [9, 18, 21].

4. Отмеченные снижение мощности и увеличение удельного эффективного расхода топлива, по сравнению с традиционным вариантом использования только дизельного топлива, связано с низкой теплотой сгорания пальмового масла [17, 19].

5. Увеличение выбросов NO_x объясняется высоким содержанием в пальмовом масле кислорода (10–12 %, по массе) и более ранним и интенсивным воспламенением топлива, из-за высокого цетанового числа пальмового масла, по сравнению с ДТ. Снижения выбросов NO_x мож-

но достичь путем рециркуляции отработавших газов и регулированием давления впрыскивания топлива [19, 20, 22].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Десянин С. Н. растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С. Н. Десянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов. – М. : Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 340 с.
2. Биоэнергетика: Мировой опыт и прогнозы развития / Л. С. Орлик, Н. Т. Сорокин, В. Ф. Федеренко [и др.]; под ред. В. Ф. Федеренко. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
3. Марков, В. А. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В. А. Шахов, В. В. Багров. – М. : ООО НИЦИ «Иргроинженер», 2011. – 536 с.
4. Работа дизелей на нетрадиционных топливах : учеб. пособие / В. А. Марков; А. И. Гайворонский, А. В. Грехов; Н. А. Иващенко. – М. : Легион-Автодат, 2008. – 484 с.
5. Биоэнергетика: Мировой опыт и прогноз развития научный аналитический обзор / Российское энергетическое агентство 2012. – Москва : Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – 202 с.
6. Van Den Abeele, M. L'huile de palme, matière première pour la préparation d'un carburant lourd pour les moteurs à combustion interne, Bulletin Agricole du Congo Belge (BACB), 1919, 10, 104, p.270.
7. Lowry, M. Un nouveau carburant colonial possible. L'huile de palme méthanolysée. France Energet 1945, 11–12, p. 332.
8. M. Mofijir et al. A study on the effects of promising edible and non edible biodiesel feed stocks on engine performance and emissions production: A comparative evaluation // renewable and sustainable energy reviews. – 2013. – № 23. – С. 391–404.
9. Mohammed Takase et al. An expetiate review of neem, jatropha, rubber and karanja as multipurpose non-edible biodiesel resources and comparaiso o fuel, engine and emission properties // Renewable and sustanable energie reviews. – 2015. – № 43. – С. 495–520.
10. La transformation artisanale des plantes à huiles, experiance et procedures ,Gret 1995 // food and nutrition 2.2. [Электронный ресурс] – [2015]. – Режим доступа: <https://www.nzdl.org/gsdldm>.
11. P. Ndayishimiye, Mohamed Tazerout, use of palm oil-based biofuel in the international combustion engines : Performances and emissions characteristics// Energy. – 2011. – № 361. – С. 790–1796.
12. A. Sanjid et al. Impact of palm, mustard, waste cooking oil and calophyllum inophyllum biofuels on performance and emission of CI engine //Renewable and sustainable energy reviews. – 2013. – № 27. – С. 664–682.
13. International Energy Agency (IEA)//technology road, maps - biofuels for transport.-2011.
14. Mosarof et al., implementation of Palm biodiesel based on economic aspects, performance, emission, and wear characteristics//Energy conversion and Management-2015. – № 105. – С. 617–629.
15. Jeffrey Suyer et al. Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods//Global food security 1. – 2012. – № 1. – С. 114–119.
16. Ing. A.-B.Ergo MSC. L'huile de palme et ses transformations comme carburant 2015 [Электронный ресурс] – [2015]. – Режим доступа: <https://www.abergo1.e-monsite.com/medias/files/carbhp-1.doc>
17. FAOSTAT 2014/2015 [Электронный ресурс] – [2015] Режим доступа : <https://www.foast3fao.org>.
18. M. A. Kalam et al. Emission and performance characteristics of an indirect ignition diesel engine fuelled with ; cooking oil//Energy. – 2011. – № 36. – С. 397–402.
19. M. M. Rashid et al. Performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with palm,jatropha and moringa oil methyl ester//Industrial crops and products. – 2016. – № 79. – С. 70–75.
20. Gumpon Prateepchaikul, A. Teerawat. Palm oil as a fuel for agricultural diesel engines: Comparative testing against diesel oil on – 2003 [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://www.researchgate.net/Publication/26483174_palm_oil_as...
21. Barthélémy de Theux .Utilisation de l'huile de palme comme combustible dans les moteurs diesel [Электронный ресурс] – [2004]. – Режим доступа : https://www.riaed.net/IMG/pdf/version_final_texte.pdf
22. M. Song et al. Comparisons of NO emissions and soot concentrations from biodiesel – fuelled diesel engine //Fuel. – 2012. – № 96. – С. 446–453.

Редактор
В. В. Свистачева

Компьютерная верстка:
Е. В. Макарова

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–64543 от 22 января 2016 г.
Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Адрес редакции и издателя: 400005, г. Волгоград, пр. В. И. Ленина, 28.
Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ)
Телефон: гл. редактор – (8442) 23-00-76
E-mail: rector@vstu.ru

Темплан 2016 г. Поз. № 26ж. Подписано в печать 30.10.2016 г. Формат 60 х 84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,92.

Тираж 100 экз. Заказ №
Оригинал-макет и электронная версия подготовлены РИО ИУНЛ ВолГТУ
400005, г. Волгоград, пр. В. И. Ленина, 28, корп. 7.
Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолГТУ
400005, г. Волгоград, пр. В. И. Ленина, 28, корп. 7.

Редактор
В. В. Свитачева

Компьютерная верстка:
Е. В. Макарова

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–64543 от 22 января 2016 г.
Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Адрес редакции и издателя: 400005, г. Волгоград, пр. В. И. Ленина, 28.
Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ)
Телефон: гл. редактор – (8442) 23-00-76
E-mail: rector@vstu.ru

Темплан 2016 г. Поз. № 25ж. Подписано в печать 28.09.2016 г. Формат 60 х 84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 6,20.
Тираж 100 экз. Заказ №
Оригинал-макет и электронная версия подготовлены РИО ИУНЛ ВолГТУ
400005, г. Волгоград, пр. В. И. Ленина, 28, корп. 7.
Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолГТУ
400005, г. Волгоград, пр. В. И. Ленина, 28, корп. 7.