Грузовик

8
2017

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

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

Редакционный совет

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

Корпункт:
Я.Е.Карповский (г.Минск)

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

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

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Регистрационный номер ПИ № ФС77-63955 от 09.12.2015 г.

Подписной индекс по объединенному каталогу "Пресса России" 39799

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», "Грузовик", 2017

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

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель

В НОМЕРЕ:

Конструкция

3 *Макеев В. Н., Плешков Д. Д.* Новый универсальный грузоподъемный механизм одноковшового гидравлического экскаватора

Городской пассажирский наземный транспорт

6 *Андреев К. П., Терентьев В. В., Агуреев И. Е.* Разработка мероприятий по оптимизации городской маршрутной сети

10 *Максимов В. А., Поживилов Н. В., Павлий Я. А., Чокля А. В.* Определение удельной трудоемкости текущего ремонта автобусов ЛиАЗ-529222

14 *Блудян Н. О.* Новая система управления и требования к автомобильной технике для такси

Транспортный комплекс

21 *Марков В. А., Зыков С. А., Бирюков В. В., Са Бовэнь.* Моделирование течения эмульгированного биотоплива в распылителе дизельной форсунки. Часть 1

27 *Быков А. Ю., Ковальский В. Ф.* Комбинированный ход комплекса путевого универсального

30 *Катасонов М. В., Лескин А. И., Гофман Д. И., Кочетков А. В., Щеголева Н. В.* Определение вертикального ускорения при взаимодействии транспортного средства с искусственными неровностями неправильной формы на примере полинома Эрмита

Экология

35 *Ерохов В. И.* Экологические параметры газобаллонного автомобиля, работающего на сжиженном природном газе

Безопасность

44 *Зиновчук Д. В., Мороз С. М.* Снижение погрешностей измерения тормозных сил на роликовых стендах силового типа

47 ***Пресс-Тур***

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

Truck

8
2017

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

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

Editorial council

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

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

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

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

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

Subscription index according to the integrated catalog "Press of Russia" 39799

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 2017

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

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

CONTENTS:

Design

3 *Makeev V. N., Pleshkov D. D.* New, universal lifting device of single-bucket hydraulic excavator

Public passenger land transport

6 *Andreev K. P., Terent'ev V. V., Agureev I. E.* Development of measures to optimize urban route network

10 *Maksimov V. A., Pozhivilov N. V., Pavly Y. A., Choklya A. V.* Determination of the specific complexity of this repair buses LiAZ-529222

14 *Bludjan N. O.* The new control system and automotive technology requirements for taxi

Transportation complex

21 *Markov V. A., Zykov S. A., Biryukov V. V., Sa Bowen.* Modeling of the Emulsified Biofuel Flow in the Diesel Injector Sprayer

27 *Bykov A. J., Koval·skii V. F.* A combined course of complex track universal

30 *Katasonov M. V., Leskin A. I., Hoffmann D. I., Kochetkov A. V., Schegoleva N. V.* Determination of the vertical acceleration at the interaction of vehicle with an irregularly shaped humps on the example of the Hermite

Environment

35 *Erokhov V. I.* Ekologicheskiye gas car compressed natural gas

Security

44 *Zinovchuk D. V., Moroz S. M.* Reduction of errors in braking-force metering on roller brake testers

47 ***Press Tour***

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

УДК 621.879

В. Н. Макеев, канд. техн. наук, проф., **Д. Д. Плешков,** соискатель,
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова (ВГЛТУ), г. Воронеж
E-mail: pleshkov2012@yandex.ru

НОВЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЙ МЕХАНИЗМ ОДНОКОВШОВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

В статье приводится описание новой конструкции универсального грузоподъемного механизма гидравлического экскаватора, которая позволит повысить производительность при производстве земляных работ и обеспечит удобство эксплуатации различных видов рабочего оборудования.
В отличие от прототипа, новая универсальная конструкция грузоподъемного механизма гидравлического экскаватора позволяет автоматически перемещать точки крепления гидроцилиндров поворота стрелы и тем самым изменять момент сил гидроцилиндров, вращающих стрелу.

Ключевые слова: *конструкция, гидравлический экскаватор, грузоподъемный механизм, рабочее оборудование, разработка грунта, производительность.*

The article describes the design of universal lifting mechanism of hydraulic excavator, which will improve performance in the production of excavation and ensure easy operation of various types of work equipment.
Unlike the prototype, the new universal design of lifting mechanism of a hydraulic excavator allows automatic move of the point of attachment of hydraulic cylinders of boom and thereby change the torque of hydraulic cylinders, rotating the boom.

Keywords: *design, hydraulic excavator, load-lifting mechanism, working equipment, development of soil, productivity.*

Установлено [1], что типовые грузоподъемные механизмы (ГМ) одноковшовых гидравлических экскаваторов имеют постоянные параметры для всех видов сменного рабочего оборудования (РО). Поэтому целесообразна разработка ГМ, который позволит изменять технологические параметры в зависимости от вариации используемого РО, а также зон разработки и выгрузки грунта.

На основе собственных исследований [2—4] был создан ГМ гидравлического экскаватора, содержащий дополнительный механизм — двуплечный рычаг, позволяющий изменять технологические параметры в процессе работы [5]. Механизм дает возможность перемещать точки крепления гидроцилиндров поворота стрелы и тем самым изменять момент сил гидроцилиндров, вращающих ее, т. е. увеличить подъемную составляющую этих гидроцилиндров.

Недостатком такого ГМ является то, что для увеличения подъемной составляющей гидроцилиндра стрелы в процессе производства земляных работ неизбежно применение ручного труда. Для изменения угла между стрелой и поворачивающего ее гидроцилиндром необходимо отсоединить гидроцилиндр из одного фиксированного положения в другое, что существенным образом тормозит процесс производства земляных работ.

В целях устранения данных недостатков предлагается следующее техническое решение [6], которое позволяет повысить производительность и облегчить процесс применения различных видов рабочего оборудования.

Указанная цель достигается тем, что ГМ одноковшового гидравлического экскаватора имеет дополнительный гидроцилиндр, служащий для изменения положения гидроцилиндров стрелы. Один конец дополнительного гидроцилиндра шарнирно связан с точкой качания двуплечного рычага, а другой его конец связан с точкой крепления гидроцилиндра стрелы вдоль второго плеча двуплечного рычага.

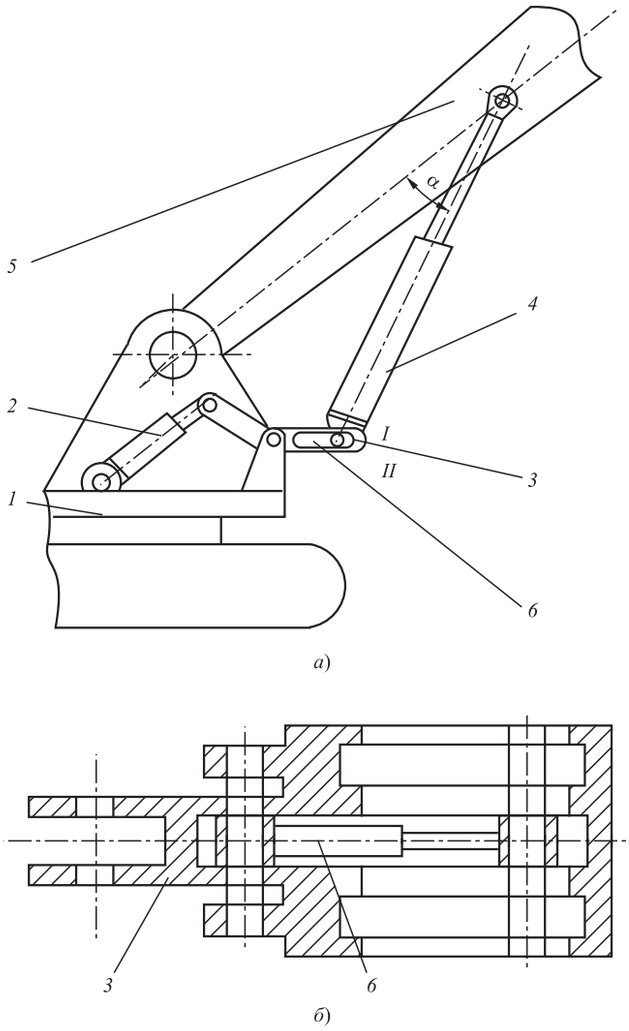
Такой механизм позволяет автоматически перемещать точки крепления гидроцилиндров поворота стрелы и тем самым изменять момент сил гидроцилиндров, вращающих стрелу при различных условиях производства земляных работ.

gz817.indd 3 27.07.2017 9:54:19

В отличие от прототипа [5], дополнительный гидроцилиндр, установленный вдоль одного из плеч рычага, позволяет автоматически изменять расстояние между осью вращения стрелы и осью крепления цилиндров стрелы к рычагу.

На рисунке изображен общий вид предлагаемой конструкции ГМ с механизмом поворота стрелы и двуплечный рычаг с дополнительным гидроцилиндром.

Как видно из рисунка, на платформе *1* экскаватора расположен гидроцилиндр *2*, который шарнирно связан с платформой *1* экскаватора. Другой конец гидроцилиндра *2* шарнирно связан с одной из проушин двуплечного рычага *3*. Точкой качания двуплечный рычаг *3* шарнирно связан с платформой *1*, а к другому плечу шарнирно присоединены гидроцилиндры *4* поворота стрелы *5*, вдоль которого расположен гидроцилиндр *6*, изменяющий положение гидроцилиндров стрелы *4*. При перемещении штоков гидроцилиндра *2* и *6* смемещаются проушины гидроцилиндров *4* поворота стрелы *5* в вертикальной и горизонтальной плоскостях, при этом изменяется угол α между продольной осью стрелы *5* и цилиндрами *4* ее поворота. Гидроцилиндры *4* в положении I используются с оборудованием "прямая лопата", а в положении II — с "обратной лопатой".



Предлагаемая конструкция ГМ и двуплечный рычаг с дополнительным гидроцилиндром [6]:

а — общий вид конструкции ГМ; *б* — двуплечный рычаг с дополнительным гидроцилиндром; *1* — платформа гидравлического экскаватора; *2* — гидроцилиндр привода двуплечного рычага; *3* — двуплечный рычаг; *4* — гидроцилиндры привода стрелы; *5* — стрела; *6* — дополнительный гидроцилиндр изменяющий положение гидроцилиндров привода стрелы

Экскаватор работает следующим образом. При разработке грунта, находящегося выше уровня стоянки экскаватора, перемещением штока гидроцилиндра *2* двуплечный рычаг *3* приводится в положение I, при этом зона охвата рабочего оборудования в верхнем положении будет больше, чем при традиционной схеме. С помощью дополнительного гидроцилиндра *6* стреловые гидроцилиндры *4* перемещаются вдоль рычага *3*. Тем самым автоматически изменяется угол между стрелой *5* и гидроцилиндрами *4* ее поворота. При этом обеспечивается запас усилия, развиваемого гидроцилиндрами стрелы в процессе работы (при увеличении вылета рабочего оборудования и при изменении грунтовых условий).

При разработке грунта, находящегося ниже опорной поверхности экскаватора, перемещением штока гидроцилиндра *2* двуплечный рычаг переводится в положение II, при этом обеспечивается наибольшая глубина копания. В процессе разработки грунта благодаря применению дополнительного гидроцилиндра *6* обеспечивается необходимый запас усилия, развиваемого гидроцилиндрами стрелы *4*, и расширение рабочей зоны.

В процессе работы гидравлического экскаватора дополнительный гидроцилиндр *6* способствует полной универсальности ГМ, невзирая на особенности его применения. Так, например, при использовании рабочего оборудования "обратная лопата" обеспечивается наибольшая глубина копания и наибольшая высота выгрузки в отвал или в транспортное средство. При использовании же рабочего оборудования "прямая лопата" путем изменения положения стреловых гидроцилиндров с помощью предложенного дополнительного механизма обеспечивается максимальная высота копания и выгрузки.

gz817.indd 4 27.07.2017 9:54:19

Выводы

Предлагаемый новый ГМ одноковшового гидравлического экскаватора обеспечивает полную универсальность в процессе работы и позволяет:

— исключить применение ручного труда при использовании основных видов РО;

— повысить удобство эксплуатации основных видов РО;

— автоматизированно обеспечить изменение режимных параметров в процессе работы для основных видов РО;

— снизить энергоемкость процесса производства земляных работ;

— применять РО увеличенных размеров;

— повысить эффективность производства земляных работ;

— увеличить производительность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Сушков С. И., Макеев В. Н., Плешков Д. Д.** Анализ конструктивных особенностей грузоподъемных механизмов гидравлических экскаваторов// Строительные и дорожные машины. — 2012. — № 6. — С. 13—15.
2. **Макеев В. Н., Попиков П. И., Плешков Д. Д., Сидоров А. А.** Влияние параметров крепления гидроцилиндра подъема стрелы на динамическую нагруженность экскаватора // Изв. вузов Северо-Кавказ. регион. Техн. науки. — 2007. — № 5. — С. 59—60.
3. **Макеев В. Н., Плешков Д. Д.** Исследование и выбор параметров грузоподъемного механизма гидравлического экскаватора // Строительные и дорожные машины. — 2010. — № 9. — С. 24—25.
4. **Сушков С. И., Попиков П. И., Плешков Д. Д.** Результаты исследования параметров грузоподъемного механизма гидравлического экскаватора // Строительные и дорожные машины. — 2014. — № 2. — С. 47—53.
5. **Патент на изобретение № 2320823 РФ**, МПК E02F 3/28. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора / В. Н. Макеев, Д. Д. Плешков. № 2006101432; заявл. 18.01.2006; опубл. 27.03.2008, Бюл. № 9. — 7 с.
6. **Патент на изобретение № 2425927 РФ**, МПК E02F 3/28. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора / Д. Д. Плешков, В. Н. Макеев. № 2010109126; заявл. 11.03.2010; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 22. — 4 с.

Новые изделия Bosch

Системы рулевого управления современных легковых и грузовых автомобилей, а также автобусов обладают большим запасом прочности и сохраняют работоспособность в течение всего срока эксплуатации. Если же компоненты системы оказались изношены или получили повреждения в результате дорожно-транспортного происшествия, их необходимо заменить. Поскольку системы рулевого управления играют важную роль в безопасности движения, при замене необходимо использовать запчасти и узлы, не уступающие по качеству оригинальным деталям. После приобретения компанией Bosch 100-процентной доли ZF Lenksysteme GmbH ассортимент запасных частей Bosch включает в себя полный набор высококачественных компонентов систем рулевого управления.

В новый модельный ряд входят запчасти для всех типов транспортных средств — от компактных легковых автомобилей до седельных тягачей. Помимо деталей для механических систем рулевого управления и гидравлических усилителей, новые изделия Bosch включают в себя запчасти для рулевых систем с электроусилителем. Популярность электрических усилителей неуклонно растет, так как этот узел послужил основой для целого ряда современных систем помощи водителю и автономного вождения. Эти новые технологии все чаще встречаются в оснащении современных транспортных средств разных производителей.

Конструкция рулевой системы уникальна для каждого типа транспортного средства. В случае замены компонентов необходимо устанавливать запчасти, полностью совпадающие по характеристикам с оригинальными. Это могут быть оригинальные новые узлы и запчасти, но существует и более экономичное альтернативное решение — запчасти, восстановленные заводом-изготовителем. Продукты Bosch eXchange включают в себя большое количество восстановленных систем рулевого управления и компонентов. Замена всех изнашиваемых частей, комплексная проверка и тестирование на всех этапах восстановления обеспечивают высокое качество деталей и узлов Bosch eXchange. Сервисные центры и клиенты могут быть уверены в том, что входящие в системы рулевого управления новые элементы столь же безопасны и функциональны, как и оригинальные комплектующие.

Для успешного обслуживания систем рулевого управления Bosch компания предлагает станциям технического обслуживания самое современное сервисное оборудование и уникальные ноу-хау. Учитывая постоянно растущее количество систем рулевого управления с использованием электрических усилителей, необходимость использовать для диагностики и ремонта самое современное электронное оборудование приобретает все большее значение. Это стенды для измерения и регулировки углов установки колес, а также диагностические системные сканеры с программным обеспечением ESI[tronic], обладающие широкими функциональными возможностями.

Пресс-служба компании Bosch

gz817.indd 5 27.07.2017 9:54:19

УДК 656.051

К. П. Андреев, магистрант, e-mail: kosta066@yandex.ru,
В. В. Терентьев, магистрант, e-mail: vvt62ryazan@yandex.ru,
И. Е. Агуреев, д-р техн. наук, доц., e-mail: agureev-igor@yandex.ru,
ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет"

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ МАРШРУТНОЙ СЕТИ

В данной статье предлагается проведение и разработка мероприятий по оптимизации городской маршрутной сети пассажирского транспорта. В соответствии с оптимизацией была разработана программа и методика обследования пассажиропотоков, по результатам которых проведен анализ полученных данных и выработаны основные направления оптимизации маршрутной сети общественного городского транспорта; оптимальная схема маршрутной сети общественного транспорта города на основе изучения корреспонденций пассажиропотока и информационной модели транспортной системы города; транспортная макромодель города с использованием программного обеспечения; внедрение в сферу пассажирских перевозок навигационной системы мониторинга ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и Систему Мониторинга Безопасности и Управления подвижными объектами (Locatrans). Также большое внимание уделялось обеспечению безопасности организации городских пассажирских перевозок.

Ключевые слова: *транспорт, оптимизация, маршрутная сеть, пассажирские перевозки, мониторинг, ГЛОНАСС, макромодель, пассажиропотоки.*

In this article the implementation and development of actions on optimization of the route network of city passenger transport. In accordance with the optimization program was developed and methods of passenger surveys, the results of which conducted data analysis and developed the main directions of optimization of the route network public transport; the optimal scheme of the route network public transport city based on the study of the correspondence of traffic flow and information model transport system; transport macroscopic model of the city using the software; introduction in the field of passenger transport navigation monitoring system GLONASS or GLONASS/GPS and Monitoring of Security and control of mobile objects (Locatrans). Also, much attention was paid to ensuring the security of the organization of urban passenger transport.

Keywords: *transport, optimization of route network, passenger transport, monitoring, GLONASS, macromodel, passenger traffic.*

Городской транспорт является наиболее массовым видом пассажирского автомобильного транспорта. На каждом автотранспортном предприятии основной задачей организации и планирования производства является рациональное сочетание и использование всех ресурсов производства с целью выполнения максимальной транспортной работы и улучшения качества обслуживания населения пассажирскими перевозками [1]. Чтобы успешно решать транспортную проблему в любом городе РФ, необходимо проведение организационных мероприятий. Данные мероприятия включают в себя комплекс предложений по увеличению пропускной способности улично-дорожной сети города и снижению времени проезда путем строительства новых и реконструкции имеющихся транспортных объектов, обследование пассажиропотоков на городских маршрутах, создание единой транспортной системы, а также комплексной модернизации транспортной инфраструктуры города. В современных условиях дальнейшее развитие экономики немыслимо без хорошо налаженного транспортного обеспечения [2—4].

Для всего вышеизложенного в данной статье предложено разработать мероприятия по оптимизации городской маршрутной сети.

Первым этапом является проведение обследования пассажиропотоков на автомобильном

gz817.indd 6 27.07.2017 9:54:19

транспорте общего пользования; определение существующего пассажиропотока на маршрутах по направлению движения автобусов, по времени суток, в различные дни недели; определение показателей наполняемости пассажирских салонов автобусов по направлению движения автобусов, по времени суток, в различные дни недели; обработка результатов обследования пассажиропотока на маршруте; разработка мероприятий по оптимизации маршрутной сети [5].

Для проведения обследования пассажиропотоков на автомобильном транспорте общего пользования была разработана программа исследований, методика проведения исследований, отчетные формы.

По результатам исследований проведен анализ полученных данных и выработаны основные направления оптимизации маршрутной сети общественного городского транспорта.

При получении конечного результата необходимо, чтобы все маршруты и остановочные пункты отвечали требованиям как безопасности дорожного движения, так и рентабельности и экономической эффективности. Поскольку рассматриваемая задача является многокритериальной, то при этом предлагаются следующие критерии оптимизации [6, 7]:

— разрабатываемая оптимизированная схема маршрутов должна опираться на существующую остановочную сеть, по возможности использовать существующие разворотные круги, в необходимых случаях можно использовать новые места разворота;

— существующая маршрутная сеть может быть изменена в минимальной степени для минимизации недовольства граждан, ежедневно пользующихся общественным транспортом;

— для улучшения качества обслуживания населения основная масса пассажиров должна быть перевезена транспортом большей вместимости;

— необходимо использовать принцип наименьшего дублирования маршрутов, зональное планирование маршрутов должно обеспечить беспересадочный проезд из любой зоны в другую;

— необходимо уменьшить количество маршрутов в городе за счет большей доли пассажиров, перевозимых транспортом средней и большой вместимости, в том числе использовать на отдельных маршрутах маршрутные такси нового поколения;

— маятниковая миграция, характерная для города в утреннее и вечернее время, что выявлено в ходе изучения пассажиропотоков маршрутной сети, должна сглаживаться путем внедрения диспетчеризации на основе технологий ГЛОНАСС/GPS, до этого не применяемых в городе [8].

В соответствии с оптимизацией была разработана схема маршрутной сети общественного транспорта города на основе изучения корреспонденций пассажиропотока и информационной модели транспортной системы города [9].

Для выполнения работ была разработана транспортная макромодель города с использованием программного обеспечения, при этом параметры макромодели были настроены на выполнение задач [10].

Созданная макромодель города, данные по параметрам улично-дорожной сети города, пассажиропотоку, специалисты организации-разработчика в совокупности представляют собой инструмент более оптимальной сети на основе выбранных критериев для работы — оценки существующей сети общественного транспорта.

В качестве одного из основных критериев работы был взят критерий экономической целесообразности маршрутов и остановок. Поэтому система отбрасывала те маршруты и остановки, которые не отвечали критерию экономической рентабельности и в этом смысле созданная оптимальная схема общественного транспорта носит идеалистический характер, поскольку не учитывает политические и социальные факторы. Скажем, около больниц и детских садов зачастую не бывает большого пассажиропотока, однако наличие там стоянки общественного транспорта и прокладки маршрута через транспортный район, где находятся указанные социально значимые объекты, может являться с точки зрения администрации города совершенно необходимым [11].

В целях повышения эффективности транспортной системы был предложен ряд изменений в городской маршрутной системе города:

— предложения по изменению схемы движения общественного транспорта;

— изменения в предлагаемой схеме движения транспортных средств.

Для более качественного предоставления услуг по обслуживанию населения предлагается внедрить в сфере пассажирских перевозок навигационную систему мониторинга ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и Систему Мониторинга Безопасности и Управления подвижными объектами (Locatrans).

В рамках внедрения навигационной системы мониторинга ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS необходимо:

— создать Центральную диспетчерскую службу по регулированию движения общественного

gz817.indd 7 27.07.2017 9:54:19

транспорта такую, как Региональный навигационно-информационный центр (РНИЦ), целью которого является: информационно-навигационное обеспечение деятельности любого автомобильного транспорта, эффективное управление движением автотранспортных средств; повышение уровня безопасности перевозок пассажиров, специальных, опасных, тяжеловесных и крупногабаритных грузов; эффективная реализация контрольно-надзорных полномочий в транспортном комплексе. Данный центр будет заниматься сбором, хранением, обработкой и передачей мониторинговой информации транспорта различного назначения;

— оборудовать все транспортные средства "тревожной кнопкой" для обеспечения дополнительной безопасности перевозок пассажиров;

— создать интернет-портал, на котором будут отображаться в режиме реального времени все транспортные средства, задействованные в организации перевозок по тому или иному маршруту, с возможностью прогнозирования их прибытия на определенный остановочный пункт;

— в местах расположения социальных объектов на остановочных пунктах разместить электронные информационные табло, прогнозирующие в режиме реального времени прибытие пассажирского маршрутного транспорта;

— для оптимальной и более эффективной работы общественного транспорта при создании системы контроля за регулярностью его движения по маршрутам необходимо четко скорректировать плановое количество транспортных средств на линии, что позволит усилить контроль за его исполнением и получить положительные отзывы граждан, пользующихся общественным транспортом ежедневно.

Следует отметить, что условиями достижения результатов являются:

— широкое информирование граждан о планируемых изменениях;

— наличие резервов транспортных средств различной вместимости, улучшение работы общественного транспорта;

— постоянный мониторинг состояния общественного транспорта с целью своевременной реакции на изменения транспортной ситуации и анализа возможных улучшений в системе общественного транспорта;

— организация работы Центральной диспетчерской службы по регулированию движения общественного транспорта с целью обеспечения его достаточности и ритмичности работы;

— продолжение работ по дальнейшей оптимизации системы общественного транспорта в части расчетов эффективности его ценового регулирования и экологичности [12].

Система Мониторинга Безопасности и Управления подвижными объектами (Locatrans) позволит обеспечить централизованный контроль и управление подвижными объектами предприятия. Система мониторинга мобильных объектов позволяет:

— определять местоположение объектов и отображать их на электронной карте;

— определять и отображать параметры движения объектов: скорость, направление движения, пройденный маршрут, места и продолжительность остановок;

— контролировать состояние датчиков, установленных на мобильном объекте; удаленно управлять исполнительными устройствами, установленными на мобильном объекте;

— контролировать маршрут движения; получать своевременное оповещение о входе или выходе из заданных географических зон;

— пользоваться встроенными стандартными отчетами;

— формировать отчеты по различным показателям за любой период времени; формировать архивы о перемещении объектов и происшедших с ними событиях.

Используя систему Locatrans, можно: увеличить объем перевозок и количество предоставляемых услуг; снизить аварийность; продлить срок эксплуатации транспортных средств; повысить дисциплину персонала; исключить нецелевое использование транспорта; оптимизировать расход топлива и смазочных материалов; снизить число холостых пробегов транспорта [13].

Также большое внимание должно уделяться обеспечению безопасности перевозок пассажиров автобусами. Главными задачами обеспечения безопасности организации пассажирских перевозок являются:

— выполнение установленных законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации требований к уровню квалификации, состоянию здоровья, поведению при участии в дорожном движении, режимам труда и отдыха водителей автобусов (обеспечение профессиональной надежности водителей автобусов);

— высокая квалификация и дисциплинированность водителей и всего служебного персонала;

— исправные дороги с необходимым обустройством;

gz817.indd 8 27.07.2017 9:54:19

— рациональная организация дорожного движения с предоставлением в необходимых случаях приоритета общественному маршрутному транспорту;

— содержание автобусов в технически исправном состоянии, предупреждение отказов и неисправностей при эксплуатации их на линии;

— обеспечение безопасных дорожных условий на маршрутах автобусных перевозок;

— замена подвижного состава на более вместительный и отвечающий всем требованиям, предъявляемых к безопасности перевозок пассажиров;

— организация перевозочного процесса по технологии, обеспечивающей безопасные условия перевозок пассажиров [14].

Все приведенные в статье мероприятия по оптимизации городской маршрутной сети позитивно скажутся при развитии города. Предлагаемая замена подвижного состава, задействованного в перевозке пассажиров, позволит сократить общее количество используемых транспортных средств на 16,5 %, тем самым улучшить не только пропускную способность улично-дорожной сети, но и улучшить экологию города. Не исключено, что данный путь оптимизации может вызвать ряд нареканий со стороны жителей города, но он является верным, что подтверждают результаты исследования пассажиропотоков, повышения безопасности дорожного движения, что соответствует тенденции развития и усовершенствования организации пассажирских перевозок в России.

В результате работы получено: уменьшение количества маршрутов; существенное увеличение доли более вместительного транспорта в пассажирских перевозках; увеличение общей вместимости транспортных средств примерно на 10 %; осуществление возможности беспересадочного проезда транспортом между активно корреспондирующими районами города; снижение загрузки улично-дорожной сети на треть и дублирования маршрутов в среднем на 15 %.

Следует отметить, что максимальный результат можно достичь только опытным путем — проводить похожие исследования в течение ряда лет: изучать объект исследования — транспортную систему — и своевременно корректировать ее, изучать также субъект перевозок — горожан, имеющих свои особенности поведения и т. д.

В итоге можно сделать вывод о целесообразности проведения мероприятий по оптимизации городской маршрутной сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Андреев К. П., Терентьев В. В.** Современные проблемы городского пассажирского транспорта // Научный журнал: Научный альманах. — 2016. — № 11 — С. 19—21.
2. **Андреев К. П., Кулик С. Н., Терентьев В. В.** Мероприятия по улучшению улично-дорожной сети // Новая наука: Проблемы и перспективы. — 2016. — № 11-2. — С. 156—158.
3. **Агуреев И. Е., Пышный В. А., Швецов В. И.** Моделирование загрузки улично-дорожной сети // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2013. — № 6-2. — С. 127—139.
4. **Пышный В. А., Агуреев И. Е.** Закономерности влияния капитальных вложений в развитие улично-дорожной сети на характеристики транспортных процессов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2013. — № 4. — С. 61—68.
5. **Андреев К. П., Кулик С. Н., Терентьев В. В.** Обследование пассажиропотоков на городских автобусных маршрутах // Новая наука: Проблемы и перспективы. — 2016. — № 11-2. — С. 159—161.
6. **Андреев К. П., Терентьев В. В.** Оптимизация городского маршрута в условиях МУП "Автоколонна" // Теория и практика современной науки. — 2016. — № 12. — С. 567—570.
7. **Терентьев В. В.** Анализ методов оценки матриц корреспонденций // Новая наука: От идеи к результату. — 2016. — № 12-3. — С. 162—164.
8. **Андреев К. П., Терентьев В. В.** Технологии ГЛОНАСС на городском пассажирском транспорте // Наука и современное общество: взаимодействие и развитие. — 2016. — № 1 (2). — С. 118—120.
9. **Андреев К. П., Терентьев В. В.** Информационное моделирование в проектировании транспортных сетей городов // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. — 2016.— № 12-2. — С. 108—110.
10. **Агуреев И. Е., Богма А. Е., Пышный В. А.** Динамическая модель транспортной макросистемы // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2013. — № 6-2. — С. 139—145.
11. **Терентьев В. В.** Способы определения транспортного спроса // Новая наука: Проблемы и перспективы.— 2016. — № 12-3. — С. 231—233.
12. **Андреев К. П.** Исследование работы РНИЦ // Новая наука: Проблемы и перспективы. — 2016. — № 12-3. — С. 144—145.
13. **Андреев К. П.** Мероприятия по внедрению системы мониторинга автотранспорта на МУП "Автоколонна" // В сборнике: Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта Международной научно-технической конференции. ТулГУ. — 2017. — № 1. — С. 248—251.
14. **Андреев К. П.** Безопасность пассажирских автомобильных перевозок // Новая наука: От идеи к результату. — 2016. — № 12-3. — С. 14—16.

gz817.indd 9 27.07.2017 9:54:19

УДК 629.113.004.67

В. А. Максимов, д-р техн. наук, проф., e-mail: vamaximov57@mail.ru,
Н. В. Поживилов, канд. техн. наук, e-mail: poj-nikita@mail.ru,
Я. А. Павлий, магистрант, e-mail: alex.17.11.93@bk.ru,
А. В. Чокля, магистрант, e-mail: andrey.ch5555@gmail.com, МАДИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТРУДОЕМКОСТИ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА АВТОБУСОВ ЛиАЗ-529222

В статье представлены результаты экспериментального исследования расчета удельной трудоемкости текущего ремонта и построение закона распределения для определения предельно возможного уровня производительности с целью ее дальнейшего оптимизирования и повышения эффективности.

Ключевые слова: *трудоемкость, экспериментальные исследования, текущий ремонт, свойства надежности, закон распределения.*

Presented are the results of an experimental study of the calculation of the specific complexity of maintenance and the construction of a distribution law to determine the maximum possible level of productivity, with a view to further optimizing and increasing efficiency.

Keywords: *labor intensity, experimental research, current repair, reliability properties, distribution law.*

В процессе эксплуатации техническое состояние автобусов изменяется. Как правило, снижается их надежность. Эксплуатационная надежность обеспечивается планово-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта [1].

Важность обеспечения эксплуатационной надежности самого востребованного пассажирского транспорта — автобусов — вытекает из следующего:

— отказы и неисправности с тяжелыми последствиями (аварии) могут приводить к человеческим жертвам и к полной утрате техники;

— низкая надежность используемых автотранспортных средств ведет к большим затратам на их ремонт;

— в ходе эксплуатации надежность подвижного состава (ПС) снижается вследствие его старения, износа, пластических деформаций, коррозии и т. д.

Цель исследования

Необходимо создать объективный норматив удельной трудоемкости ТР и необходимость информирования завода-изготовителя о свойствах надежности, в данном случае о ремонтопригодности и предоставлении рекомендаций по ее повышению. Согласно ГОСТ 27.002—89 [2] надежность подразделяется на четыре свойства, одним из которых является ремонтопригодность.

Ремонтопригодность — свойство изделия, выражающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей при техническом обслуживании и ремонте. Параметрами ремонтопригодности являются вероятность восстановления в заданное время, среднее время восстановления, средняя трудоемкость технического обслуживания, удельная трудоемкость технического обслуживания, средняя трудоемкость ремонтов, средняя и относительная стоимость технического обслуживания и ремонтов и др.

Приводятся следующие параметры ремонтопригодности автобусов по ГОСТ 27.002—89[2]:

— вероятность восстановления работоспособного состояния — $P_в(t_в)$;

— среднее время восстановления работоспособного состояния — $T_в$;

— интенсивность восстановления — $\mu(t)$;

— коэффициент аварийного простоя — $K_а$;

— среднее число ремонтов (восстановлений) за время t — $H(t)$;

— коэффициент ремонтосложности — R;

— средняя трудоемкость восстановления — $T_{ср}$.

Для дальнейших расчетов нам потребуется показатель средней и удельной трудоемкости восстановления.

Средняя трудоемкость технического обслуживания, по которой необходимо проводить технологический расчет, может быть определена следующим образом:

$$T_{ср} = TK_{ср}, \quad (1)$$

где $T_{ср}$ — средняя трудоемкость выполнения операции или вида технического обслуживания,

gz817.indd 10 27.07.2017 9:54:19

чел.-ч; Т — разовая трудоемкость выполнения данной операции или вида технического обслуживания, получаемая по хронометражным наблюдениям, чел.-ч; $K_{ср}$ — средний коэффициент повторяемости выполнения данной операции.

Формирование объема работ

Работы текущего ремонта выполняются по потребности, выявляемой в результате наблюдений за работой автобусов на линии, в процессе контрольно-диагностических работ и в ходе выполнения технического обслуживания и текущего ремонта.

Поскольку возникновение неисправности, устраняемой при текущем ремонте, относится к категории случайных событий, то дать исчерпывающую конкретную количественную и качественную характеристику данному виду ремонта не представляется возможным. Поэтому объем работ текущего ремонта определяется (планируется) посредством удельных норм трудоемкости. Нормативы удельной трудоемкости устанавливаются статистически для автотранспортных и специализированных предприятий, оснащенных в соответствии с табелями технологического оборудования и специализированного инструмента.

Сбор, анализ и обработка исходных статистических данных фактических значений трудоемкости текущего ремонта проводились в зоне заявочного ремонта филиала 14-го автобусного парка ГУП "Мосгортранс" на примере автобусов ЛиАЗ-529222. Под наблюдением находились все автобусы ЛиАЗ-529222, имеющиеся на балансе предприятия на период сбора исходных статистических данных в период с 03.03.2016 по 10.07.2016 г.

Список подконтрольных автобусов ЛиАЗ-529222 был сведен в таблицу. После анализа и первичной обработки полученных статистических данных для дальнейших расчетов была выбрана наиболее представительная группа автобусов, пробег которых находился в интервале 200—400 тыс. км, что составляет 0,25—0,50 ресурса автобуса ЛиАЗ-529222 (пробег до капитального ремонта для условий города Москвы составляет 800 тыс. км [3]).

Полученные значения исходных статистических данных по результатам наблюдений за автобусами ЛиАЗ-529222 в комплексе ТР (заявочный ремонт) на базе филиала 14 автобусный парк ГУП "Мосгортранс" за период с 03.03.2016 г. по 10.07.2016 г. представлены фрагментарно в таблице.

Рассчитываем удельную трудоемкость ($t_{уд}$) каждого автобуса ЛиАЗ-529222 за период указанных наблюдений по формуле:

$$t_{уд} = \frac{T_{\Sigma}}{L}1000, \qquad (2)$$

где T_{Σ} — суммарная трудоемкость, чел.-ч; L — пробег за время наблюдения, км.

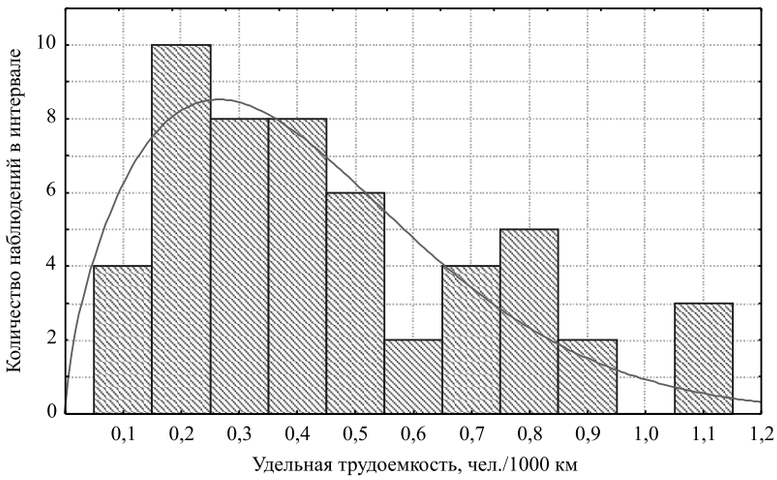
Для получения статистических характеристик и построения закона распределения случайных величин удельной трудоемкости текущего ремонта автобусов ЛиАЗ-529222 была использована программа Statistica 10.

Окончательные результаты обработки полученных данных удельной трудоемкости текущего ремонта автобусов ЛиАЗ-529222 статистическим пакетом Statistica 10 в графическом виде представлены на рисунке.

В результате получено среднее значение удельной трудоемкости автобуса ЛиАЗ-529222 на пробеге от 200 до 400 тыс. км в зоне ТР (заявочный ремонт). Она составила 0,42 чел.-ч/1000 км.

Далее проводился расчет нормативного значения удельной трудоемкости автобуса ЛиАЗ-529222 для условий эксплуатации в городе Москве в несколько этапов.

На первом этапе производится расчет удельной трудоемкости (работы по участку заявочного ремонта и прочим участкам ТР). Так как заявочный ремонт по данным исследований [3] составляет



Распределение случайных величин удельной трудоемкости автобуса ЛиАЗ-529222 на пробеге от 200 до 400 тыс. км (на примере комплекса ТР — заявочный ремонт филиала 14 автобусный парк ГУП "Мосгортранс")

gz817.indd 11 27.07.2017 9:54:19

Форма протокола наблюдений (фрагмент)

Гаражный номер	Дата	Вид ремонта	Трудоемкость, чел.-ч.	Суммарная трудоемкость, чел.-ч.	Пробег за время наблюдения, км	Удельная трудоемкость, чел.-ч/1000 км
160	15.03.2016	Электрооборудование генератор + акб	3,5	9,5	34 177	0,28
	04.05.2016	Замена патрубка	3			
	08.05.2016	Протяжка штуцеров на масляном радиаторе	1			
	08.07.2016	Течь тосола (замена расширительного бачка)	2			
185	21.03.2016	Течь охлаждающей жидкости	3,5	7,83	21 698	0,36
	25.03.2016	Замена воздушной помпы	1,83			
	17.06.2016	Течь тосола (замена патрубка термостата)	1,5			
	29.06.2016	Ремень кондиционера, замена ремня	1			
208	14.06.2016	Течь мотора гидромуфты (замена)	2,5	11	24 914	0,44
	07.07.2016	Нет зарядки (замена генератора)	4,5			
	10.07.2016	Греется колесо, замена энергоаккумуляторов	4			
211	25.03.2016	Замена топливного бака	12	31	19 719	1,57
	06.04.2016	Течь расширительного бачка	11			
	16.04.2016	Замена шланга расширительного бачка, карданный вал (замена крестовин)	6,5			
	27.04.2016	Ремонт тяги, кран, уровень, пол	0,5			
	13.05.2016	Регулировка купа	1			

25 % общего объема работ ТР, то удельная трудоемкость ТР автобуса ЛиАЗ-529222 на пробеге от 200 до 400 тыс. км рассчитывалась следующим образом (филиал 14 автобусный парк ГУП "Мосгортранс"):

$$t^{\text{Н}}_{\text{ТР14}} = \frac{t^{\text{Н}}_{\text{ТРзаяв}}}{0,25} = \frac{0,42}{0,25} = 1,68 \text{ чел.-ч/1000 км.} \quad (3)$$

На втором этапе проводилась корректировка полученного значения удельной трудоемкости ТР автобуса ЛиАЗ-529222 (3) по коэффициентам корректирования нормативов технической эксплуатации K_1—K_5 [3, 4].

На третьем этапе был определен расчет удельной трудоемкости ТР автобуса ЛиАЗ-529222 с учетом коэффициентов корректирования нормативов технической эксплуатации K_1—K_5. На данном этапе расчет осуществлялся с учетом категории условий эксплуатации (K_1), модификации подвижного состава и организации работы (K_2), природно-климатических условий (K_3), пробега с начала эксплуатации (K_4), размера АТП и количества технологически совместимых групп подвижного состава (K_5).

За исходные коэффициенты (K_1, ..., K_5 = 1) принимаются следующие условия:

— I категория условий эксплуатации;

— базовая модель автобуса;

gz817.indd 12 27.07.2017 9:54:19

— умеренный климатический район;

— пробег с начала эксплуатации составляет 0,5—0,75 ресурса автобуса (от 400 до 600 тыс. км);

— для условий эксплуатации в филиале с количеством автобусов, обслуживаемых и ремонтируемых на автотранспортном предприятии 200—300 и количеством технологически совместимых групп подвижного состава — 3.

Расчет на данном этапе проводится следующим образом:

$$t_{\text{ТР}}^{\text{Н}} = \frac{t_{\text{ТР14}}^{\text{Н}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5} = \frac{1,68}{1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85} = \quad (4)$$

$$= 2,06 \text{ чел.-ч/1000 км.}$$

Для условий эксплуатации в городе Москве нормативное значение удельной трудоемкости ТР автобуса ЛиАЗ-529222 рассчитывается следующим образом:

$$t_{\text{ТР}}^{\text{Н}} = t_{\text{ТР}}^{\text{Н}} K_1 = 2,06 \cdot 1,2 = 2,47 \text{ чел.-ч/1000 км.} \quad (5)$$

Полученные значение рекомендуется применять при проведении технологического расчета ПТБ филиалов ГУП "Мосгортранс" после соответствующего утверждения руководством компании.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что точный технологический расчет удельной трудоемкости и качество проведенных работ текущего ремонта позволит повысить параметры надежности в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Авдонькин Ф. Н.** Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации. — М.: Транспорт, 1993. — 350 с.
2. **ГОСТ 27002—89.** Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. (Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта Комитета СССР по стандартам от 15.11.89 № 3375).
3. **Максимов В. А., Поживалов Н. В.** Технологический расчет производственно-технической базы автобусного предприятия в современных условиях // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. — М.: МАДИ, 2016. — С. 150—154.
4. **Положение о техническом обслуживании** и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / М-во автомоб. трансп. РСФСР. — М.: Транспорт, 1986. — 78 с.
5. **РД 50-204—87.** Методические указания, надежность в технике, сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации (принят и введен в действие Постановление Госстандарта Комитета СССР по стандартам от 24.06.87 № 2399).

ЧЕТРА — звезда в созвездии Ориона

"ЧЕТРА" — такое имя получила звезда в созвездии Ориона. Его можно наблюдать на территории всей России: соответствующий сертификат преподнесли представители дилерской сети "ЧЕТРА-Промышленные машины" в честь десятилетнего юбилея компании.

Документ подтверждает внесение записи в "Международный каталог небесных тел", подтверждающей присвоение звезде седьмой величины с координатами a05h01m47.66s + 11A 22°31.0'' имени российского бренда спецтехники, а компании "ЧЕТРА-Промышленные машины" — статуса владельца именования небесного тела.

"Мы благодарим наших партнеров за такой оригинальный подарок: для нас он символизирует те высоты, которых мы добились и намерены добиться с помощью присущих нашей команде качеств. Созвездие Ориона символизирует силу, выносливость, стремление к победе", — отмечает Ирина Машенькина, исполнительный директор "ЧЕТРА-ПМ".

Орион — одно из наиболее красивых созвездий на небосклоне: в расположении его ярких звезд угадывается фигура охотника, который, согласно древнегреческому мифу, был сыном бога морей Посейдона. Созвездие занимает на небе площадь в 594,1 кв. градуса и содержит 209 звезд, видимых невооруженным глазом. В средних широтах северного полушария созвездие может быть видно в конце лета (начиная с середины августа), осенью, зимой и в первой половине весны (до середины апреля), наилучшие условия для наблюдений в ноябре—январе, когда созвездие видно от его восхода и до заката.

Пресс-служба компании "ЧЕТРА"

gz817.indd 13 27.07.2017 9:54:19

УДК 656:338.4.629

Н. О. Блудян, д-р техн. наук, проф., МАДИ
E-mail: ap@madi.ru np-tama@mail.ru

НОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ ДЛЯ ТАКСИ

Рассмотрены вопросы государственного регулирования организации таксомоторных перевозок, законопроект нового Федерального закона по такси. Проведен анализ различных систем классификации автомобилей, обоснована необходимость классификации и разработки требований для такси в Московской агломерации.

Ключевые слова: *легковой автомобиль, такси, классификация автомобилей, требования, таксомоторные перевозки, автомобильная техника.*

The issues of state regulation of organization of taxi transportations, the bill of the new Federal law by taxi are considered. The analysis of various classification systems of cars, is carried out, the necessity of classification and development of requirements for a taxi in the Moscow agglomeration is grounded.

Keywords: *car, taxi, car classification, demands, taxi transportations, automobile technics.*

Новый этап развития нормативно-правового регулирования в РФ начинается с принятия Федерального закона № 69-ФЗ от 21.04.2011 г., который в том числе позволил ввести на уровне субъекта Российской Федерации специальное законодательство по регулированию таксомоторной деятельности [1].

В Москве были внесены изменения в закон "О легковом такси в городе Москве" [2] и принято соответствующее постановление правительства [3]. Указанные документы установили порядок и процедуры выдачи специальных "Разрешений" на осуществление деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси на территории города Москвы.

В Московской области также было принято постановление правительства по организации таксомоторных перевозок [4].

Для координации взаимодействия г. Москвы и Московской области указанные субъекты РФ заключили "Соглашение" [5]. Согласно этому акту обе стороны признают разрешения на осуществление перевозок пассажиров и багажа легковыми такси, выданные другой стороной.

В соответствии с указанными актами "Разрешения" выдаются уполномоченным органом исполнительной власти соответствующего субъекта Российской Федерации.

Разрешение выдается на каждое транспортное средство, используемое в качестве легкого такси, и должно находиться в салоне легкового такси.

Федеральный закон установил также требования к легковому автомобилю такси, согласно которым он должен соответствовать следующим обязательным требованиям:

— проходить государственный технический осмотр каждые шесть месяцев;

— иметь на кузове (боковых поверхностях кузова) цветографическую схему, представляющую собой композицию из квадратов контрастного цвета, расположенных в шахматном порядке;

— соответствовать единой цветовой гамме кузова в случае установления такого требования законами субъектов Российской Федерации;

— иметь на крыше опознавательный фонарь оранжевого цвета;

— оборудован таксометром.

Различным аспектам организации таксомоторной деятельности посвящен ряд исследований, выполненных на кафедре "Автомобильные перевозки" МАДИ [6].

Исследования и оценка нормативно-правовых актов регулирования позволили разработать общую классификацию проблем организации таксомоторных перевозок в Московской агломерации. В качестве основной можно отнести требования к техническому уровню и эксплуатационным параметрам транспортных средств.

Концепция регулирования рынка таксомоторных услуг в г. Москве, обнародованная Департаментом транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы, на основе анализа текущей рыночной ситуации сформулировала задачи и целевую модель рынка таксомоторных перевозок [7]. В указанной концепции

gz817.indd 14 27.07.2017 9:54:19

в качестве самостоятельных разделов также выделены требования к автомобилям такси.

По сведениям департамента, 53 % респондентов из числа опрошенных специалистов таксомоторных предприятий полностью поддерживают идею о необходимости введения требований к автомобилям такси, частично поддерживают — 33 % и лишь 13 % опрошенных не поддерживают введение требований. Согласно Концепции предполагается распространить регулирующие требования на следующие основные параметры автомобильной техники:

1. возраст автомобиля (⩽5 лет);
2. объем багажника автомобиля (⩾300 л);
3. экологический класс автомобиля (⩾ Евро 4).

При этом предполагается исключить из сферы такси микроавтобусы и малолитражные автомобили.

Ранее проведенный анализ международного опыта функционирования такси в крупных мегаполисах (табл. 1) позволяет выделить семь групп требований к таксомоторной деятельности, в том числе к автомобильной технике [8—10].

Современные тенденции к уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу приводят к введению возрастных ограничений на автомобили такси, а также способствует внедрению экологических видов топлива [11—19]. Максимальный возраст автомобилей такси за рубежом представлен в табл. 2.

В результате исследований, проведенных на основании стандартов различных зарубежных стран и муниципалитетов, можно выделить два основных подхода к требованиям к автомобилям такси: либеральный и консервативный.

Либеральный (Россия, штат Западная Австралия) представляет собой набор самых минимальных требований к автомобилям такси. Так, в штате Западная Австралия автомобилям такси достаточно иметь минимальную базу колес (для седанов) 2700 мм, багажное отделение объемом минимум 250 л, таксометр и специальную камеру наблюдения.

Консервативный (Ирландия, города Нью-Йорк, Лондон) означает жесткие требования, которые могут варьироваться от классов автомобилей и категорий такси. Требования предъявляются ко всем внутренним параметрам, включая различные специфические требования. В Ирландии и Нью-Йорке существуют специальные реестры автомобилей, пригодных для работы в качестве автомобилей такси, несущие рекомендательный характер и позволяющие определиться с автомобилями, удовлетворяющими всем требованиям.

В настоящий момент происходит обновление подвижного состава в Нью-Йорке, хотя сохраняется общая тенденция популярности отдельных моделей автомобилей (рисунок) [11, 12].

Таблица 1

Оценка требований к автомобильной технике

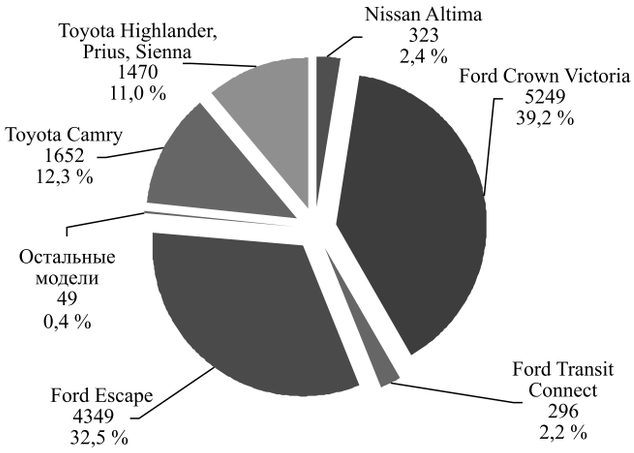
Показатель	Критерий	Мадрид	Лондон	Нью-Йорк	Сингапур
Требования к автомобильной технике, ее оборудованию и сервису	Требования к марке и модели автомобиля	–	+	+	–
	Требование к цвету и опознавательным знакам автомобиля	–	+	+	–/+
	Требования к внутреннему оборудованию и оснащению автомобиля	+	+	+	+
	Периодичность ТО	1 раз в год	2 раза в год	1 раз в год	1 раз в год

Таблица 2

Максимальный возраст автомобилей такси

Лондон	Нью-Йорк	Дублин	Австралия	
			штат Западная Австралия	штат Виктория
15 лет	5 лет, можно продлить еще на год, если будет доказана необходимость данного продления	9 лет	8 лет для обычных такси; 10 лет для зонированых такси и такси, работающих в пиковый период	6,5 лет для городских и пригородных такси; 7,5 лет для такси, используемых в сельской местности; 10,5 лет для автомобилей с возможностью перевозки инвалидов

gz817.indd 15 27.07.2017 9:54:20



Распределение марок автомобилей

Одни из самых жестких требований к такси выдвигаются в Лондоне [18, 19]. Автомобили должны быть сконструированы таким образом, чтобы облегчить перевозку инвалидов и быть в состоянии перевезти как минимум одного инвалида в коляске. Маневренность, радиус поворота и максимальная длина должны соответствовать определенным требованиям, что позволяет автомобилям без труда маневрировать по перегруженным улицам Лондона.

В Государственную Думу Федерального собрания РФ внесен на рассмотрение и прошел первое чтение проект федерального закона № 472515-6 "О государственном регулировании деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Согласно п. 1 статьи 5 указанного законопроекта "Разрешение" на осуществление перевозок легковым автомобилем такси может выдаваться на транспортное средство категории М1. Рассмотрим, насколько это условие отвечает специфике организации таксомоторных перевозок.

Анализ показывает, что существуют разные системы классификации легковых автомобилей. В качестве официальной классификации в нашей стране для целей сертификации используется международная классификация, основанная на рекомендациях Европейской экономической комиссии Организации объединенных наций (ЕЭК ООН) [20]. Эти рекомендации нашли отражение в национальном стандарте ГОСТ Р 520512003 "Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения". Согласно этой классификации транспортные средства разделены на классы L, M, N, G, T специального назначения. Транспортные средства, предназначенные для перевозки пассажиров, относятся к классу М. К категории М1 относятся транспортные средства для перевозки пассажиров, имеющие кроме места водителя не более восьми мест сидения.

В соответствии с классификацией Европейской конвенции о дорожном движении 1968 г. автомобили (за исключением мотоциклов и другой мототехники), разрешенная максимальная масса которых не превышает 3500 кг и число сидячих мест (помимо сиденья водителя) не превышает восьми, отнесены к категории В. Наряду с официальными существуют также другие общепринятые и широко используемые системы классификации автомобилей. Согласно общепринятой европейской классификации в отдельные классы выделены автомобили в зависимости от размеров, мощности двигателя, комплектации, стоимости и т. д. В качестве примера приведем классификацию по размерам (табл. 3).

Некоторыми исследователями [21] предлагается более детализированный вариант европейской классификации легковых автомобилей по размерам с введением трех различных классов А:

А1 — микроавтомобили, длиной <3,45 м и шириной <1,45 м;

Таблица 3

Классификация легковых автомобилей по размерам

Обозначение	Длина, м	Ширина, м	Название
Сегмент A	до 3,6	до 1,6	Mini cars (особо малый класс)
Сегмент B	3,6—3,9	1,5—1,7	Small cars (малый класс)
Сегмент C	3,9—4,3	1,6—1,7	Medium cars (средний класс, гольф-класс)
Сегмент D	4,3—4,6	1,69—1,73	Larger cars (большой класс)
Сегмент E	4,6—4,9	1,73—1,82	Executive cars (бизнес-класс)
Сегмент F	более 4,9	более 1,82	Luxury cars (представительский класс)

gz817.indd 16 27.07.2017 9:54:20

A2 — сверх малый, длиной <3,6 м и шириной <1,62 м;

A3 — особо малый, длиной 3,6—3,7 м и шириной 1,62—1,67 м.

Из представленной классификации по "Назначению" видно, что она не предполагает идентификацию автотранспортных средств по виду перевозки, а признаки назначения частично дублированы с признаками типов кузовов легковых автомобилей (седан, хэтчбек и др.).

В США критерием классификации легковых автомобилей является объем салона. При этом разные типы кузова классифицируются по отдельным группам. К примеру, автомобили с кузовом "универсал" подразделяются на следующие группы: Small station wagon (до 130 куб. футов); Midsize station wagon (130—160); Large station wagon (>160).

Основная классификация легковых автомобилей в США состоит из следующих категорий:

1. мини (minicompact car, до 85 куб. футов), ориентировочно европейский A—B-классы;

2. субкомпакты (sub-compact cars, subcompacts, 85—99,9), ориентировочно европейский C-класс;

3. компакты (compact cars, compacts, 100—109,9), ориентировочно C—D-классы;

4. среднеразмерные автомобили (mid-size, intermediates, 110—119,9), ориентировочно европейский D—E-классы;

5. полноразмерные автомобили (large cars, full-size cars, standard size cars, 120 и более), ориентировочно F-класс.

Китайская классификация легковых автомобилей зависит от габаритов и рабочего объема двигателя, а названия классов схожи с европейской системой.

Дополнительная классификация легковых автомобилей включает в себя: G1 — класс купе; G2 — купе премиум; H1 — кабриолеты и родстеры; H2 — кабриолеты и родстеры премиум; I — универсалы повышенной проходимости; K1 — легкие внедорожники; K2 — средние внедорожники; K3 — тяжелые внедорожники; K4 — пикапы; L — минивэны; M — малые коммерческие (каблук). Сравнительная оценка различных систем классификации легковых автомобилей приведена в табл. 4.

В контексте рассматриваемой задачи формализации и обоснования требований к автомобильной технике для такси важнейшими характеристиками являются тип кузова, характеристики багажника и число дверей автомобиля. Форма кузова, в том числе, является отображением функции автомобиля, т. е. его назначения. Существуют различные варианты классификации легковых автомобилей по типу кузова, отличающиеся друг от друга незначительными деталями. В качестве основной универсальной можно использовать классификацию, приведенную в табл. 5 [22].

Анализ и оценка классификации автомобильной техники для такси по типу кузова показывает, что даже без каких-либо специальных исследований совершенно утвердительно можно выска-

Таблица 4

Сравнительные характеристики различных систем классификации (фрагмент)

№ п/п	США	Великобритания	РФ	ЕК	Euro NCAP 1997—2009	Примеры
1	Microcar	Microcar, Bubble car	Мотоколяска	A-класс	Supermini	Isetta, SmartFortwo
2	Subcompact car	City car	Городской автомобиль			Chevrolet Spark, Kia Picanto
		Supermini	Малый класс	B-класс		Ford Fiesta, Opel Corsa
3	Compact car	Small family car	Гольф-класс Малый класс	C-класс	Small family car	Ford Focus, Opel Astra
4	Mid-size car	Large family car	Средний класс	D-класс	Large family car	Ford Mondeo, Opel Insignia
5	Entry-level luxury car	Compact executive car				Audi A4, BMW 3
6	Full-size car	Executive car	Полноразмерный а/м	E-класс	Executive car	Chevrolet Impala, Honda Accord
7	Mid-size luxury car		Бизнес-класс			Audi A6, BMW 5

gz817.indd 17 27.07.2017 9:54:20

Таблица 5

Основные типы кузовов легковых автомобилей (фрагмент)

№ п/п	Тип кузова	Характеристика кузова
1	Седан	Тип закрытого кузова легкового автомобиля с багажником, структурно отдельным от пассажирского салона и без подъемной двери в задней стенке
2	Хэтчбек	Тип закрытого кузова легкового автомобиля с дверью в задней стенке и укороченным задним свесом
3	Универсал	Тип закрытого кузова легкового автомобиля с дверью в задней стенке, багажником, объединенным с салоном, и крышей багажника, продленной до заднего габарита
4	Купе	Тип закрытого кузова легкового автомобиля с двумя дверьми, одним или двумя рядами сидений и структурно отделенным багажником, без двери в задней стенке. Объем заднего пассажирского отделения обычно не превышает 0,93 $м^3$
5	Кабриолет	Тип кузова легкового автомобиля с откидывающимся мягким или жестким верхом и двумя дверьми. Число мест — более двух
6	Лимузин	Тип закрытого кузова легкового автомобиля с жесткой, обычно оснащенной подъемным стеклом, перегородкой между отделением водителя и остальным салоном. Кузов удлинен в разной степени по сравнению с обычным седаном
7	Внедорожник	Тип закрытого кузова автомобиля, обладающий повышенной проходимостью и увеличенным просветом
8	Кроссовер	Тип закрытого кузова автомобиля, сочетающий в себе свойства внедорожника и универсала или хэтчбека

заться относительно невозможности использования отдельных типов автомобилей категории М1 в качестве такси (купе, кабриолет, родстер, тарга, стретч). Формально они входят в категорию М1 и при их заявлении в качестве такси уполномоченный орган обязан выдать соответствующее разрешение.

Проведенный анализ показывает, что в настоящее время не существует классификаций легковых автомобилей по объему багажника. Вместе с тем, как уже было отмечено, этот параметр является одним из важнейших с точки зрения обеспечения качества и комфортабельности услуг по перевозке автомобилем такси.

Оценка конструкции выпускаемых в настоящее время легковых автомобилей большого модельного ряда седанов и хэтчбеков с очень маленькими объемами багажников (табл. 6).

Нам представляется, что объем багажника является очень существенным с позиции обоснования эксплуатационных качеств такси, а порог минимальной величины в 300 л согласно требованиям, утвержденным по г. Москве, требует существенной доказательной базы.

Проведенный анализ позволил сформулировать следующее заключение по формализации и обоснованию требований к легковым автомобилям, предназначенным для использования в качестве такси.

1. Установление федеральным законопроектом № 47515-6 нормы выдачи разрешений на осуществление деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси на транспортные средства категории М1 является обязательным условием, но недостаточным.

2. В модельном ряду линейки выпускаемых легковых автомобилей, относящихся к категории М1, существуют отдельные группы транспортных средств, использование которых в качестве такси нецелесообразно.

3. Существующие различные системы классификации легковых автомобилей категории М1 не включат в себя характеристики и параметры конструкции, как, например, размеры автомобиля, тип кузова, количество дверей и т. д., являющихся важными с позиции таксомоторных перевозок.

4. Важнейший для таксомоторных перевозок параметр — объем багажника — не является оценочным показателем в существующих системах классификации легковых автомобилей.

5. Структура парка такси должна состоять из различных сегментов легковых автомобилей с целью полного удовлетворения спроса услуг по перевозке.

gz817.indd 18 27.07.2017 9:54:20

Таблица 6

Характеристики отдельных моделей легковых автомобилей (фрагмент)

№ п/п	Марка, модель	Тип кузова	Габариты (длина/ширина/высота), мм	Объем багажника, л	Число дверей
1	Audi A1	Хэтчбек	3910/1750/1400	270	3/5
2	Kia Rio III		4120/1700/1470	389	
3	Kia Picanto II		3595/1595/1480	292	
4	Mercedes Smart City Coupe		2499/1519/1529	150	3
5	Volkswagen Polo V		3970/1682/1462	280	3/5
6	Suzuki Swift V		3850/1695/1510	211	
7	Nissan Note II		4100/1695/1525	280	5
8	Daihatsu Sirion M2		3600/1655/1550	225	
9	Peugeot 208		3962/1739/1460	311	3/5
10	Seat Ibiza		4052/1693/1445	292	
11	Skoda Fabia II		3992/1642/1498	300	5
12	Fiat Punto III		4030/1687/1490	275	3/5
13	Mini Hatch III Cooper		3821/1727/1414	211	
14	Chevrolet Spark III		3640/1597/1551	170	5

На основе проведенного исследования на данном этапе реализации "Концепции" регулирования рынка таксомоторных перевозок необходимы обоснование и разработка системы требований к автомобильной технике для такси в Московской агломерации. Для реализации этого требуется внесение изменений в федеральное законодательство с целью предоставления права введения региональных требований к легковым автомобилям такси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Федеральный закон** от 21.04.2011 № 69-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ" (принят Государственной Думой РФ 11 апреля 2011 г.) КонсультантПлюс. Версия проф. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=169764;dst=0;ts=06337351963BBE81D5B884E291F6D530;rnd=0.355608677365874 (дата обращения 17.03.2017).
2. **Закон г. Москвы** от 11.06.2008 № 22 "О такси в городе Москве" КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/cons/CGI/online.cgi?req=doc&base=MLAW&n=92904#0 (дата обращения 17.03.2017).
3. **Постановление правительства г. Москвы** от 28.07.2011 № 278-ПП "О мерах по реализации федерального закона от 21 апреля 2011 г. № 69-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". КонсультантПлюс. Версия проф. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=MLAW;n=152863;dst=0;ts=06337351963BBE81D5B884E291F6D530;rnd=0.5938809270998371 (дата обращения 17.03.2017).
4. **Постановление правительства Московской области** от 15.07.2011 г. № 711/26 "Об организации перевозок пассажиров и багажа легковыми такси на территории Московской области". URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=MOB;n=174440;dst=0;ts=06337351963BBE81D5B884E291F6D530;rnd=0.3474998961335076 (дата обращения 17.03.2017).
5. **Блудян Н. О.**, **Мороз Д. Г., Хейфиц П. И.** Территориальное планирование таксомоторных перевозок в городской агломерации / Н. О. Блудян, Д. Г. Мороз, П. И. Хейфиц // Автоматизация и управление в технических системах (АУТС). — 2014. — № 1.1 (8). — С. 62—73. URL: auts.esrae.ru/8-160 (дата обращения: 17.03.2017).
6. **Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Хейфиц П. И.** Агломерационные проблемы организации эффективной транспортной системы // Автоматизация и управление в технических системах (АУТС). —

gz817.indd 19 27.07.2017 9:54:20

2014. — № 2.1 (10). — С. 3—13. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-1.
7. **Концепция регулирования рынка таксомоторных услуг в г. Москве** // Сайт Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры. URL://dt/mos/ru/upload/presentations/taxi/koncepciya_taxi.pdf (дата обращения 17.03.2017).
8. **Блудян Н. О.** Проблемы организации таксомоторных перевозок в Московском мегаполисе / Н. О. Блудян // Автотранспортное предприятие. — 2012. — № 10. — С. 5—8.
9. **Блудян Н. О., Мороз Д. Г.** К проблеме обоснования и установления оптимального количества автомобилей такси в мегаполисе // Автотранспортное предприятие. — 2013. — № 10. — С. 5—8.
10. **Мороз Д. Г.** Некоторые аспекты совершенствования организации таксомтороных перевозок в Московском мегаполисе // Автотранспортное предприятие. — 2013. — № 2. — С. 22—24.
11. **Такси в Нью-Йорке** // Сайт New York City Taxi and Limousine Commission. URL: http://www.nyc.gov/html/tlc/html/home/home.shtml (дата обращения: 17.03.2017).
12. **Rules of the City of New York** (R.C.N.Y.) Chapter 67 rules for taxicab hack-up and maintenance. URL: http://rules.cityofnewyork.us/codified-rules?agency=TLC (дата обращения 17.03.2017).
13. **Такси в Ирландии** // Сайт National Transport Authority. URL: http://www.nationaltransport.ie/ (дата обращения 17.03.2017).
14. **National vehicle standard.** Requirements for small public service vehicles. URL: http://www.nationaltransport.ie/downloads/taxi-reg/nat-vehicle-standards-reqments.pdf (дата обращения: 17.03.2017).
15. **Такси в Лондоне** // сайт transport for London. URL: http://www.tfl.gov.uk/ (дата обращения 17.03.2017).
16. **Construction and licensing of motor taxis for use in London** URL: https://www.tfl.gov.uk/cdn/static/cms/documents/taxi-conditions-of-fitness.pdf 10 (дата обращения 17.03.2017).
17. **Такси в штате Западная Австралия** // Сайт department of Transport URL: https://www.transport.wa.gov.au/index.asp (дата обращения 17.03.2017).
18. **Metropolitan taxi vehicle standards.** URL: https://www.transport.wa.gov.au/mediaFiles/taxis_vehicle_standards.pdf (дата обращения 17.03.2017).
19. **Vehicle Standards Information Licensed Passenger Vehicle Standards — Taxis.** URL: https://www.vicroards.vic.gov.au/~/media/files/documents/safety-and-road-rules/vsi31.ashx?la=en (дата обращения 17.03.2017).
20. **Порватов Н. Н., Кристальный С. Р.** Классификация и маркировка автомобилей // Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Основы конструкции автомобилей". — М.: МАДИ, 2010. — 32 с.
21. **Казаков Д.** Классификация машин по размеру // Сайт Автомобили из Воронежа. URL: http://v-36.ru/info/articles/categorization.html (дата обращения 17.03.2017).
22. **Колодийчук А.** Типы кузовов автомобилей // Сайт автожурнала URL: http://bycars.ru/journal/tipi-kuzovov-legkovih-avtomobiley_78 (дата обращения 17.03.2017).

ИЗДАТЕЛЬСТВО

"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журнал

"ГРУЗОВИК"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2017 год

Подписавшись в издательстве, вы:
1) получаете без задержек журнал с первого номера;
2) экономите на стоимости почтовой доставки;
3) получаете скидку до 5 %.

Наши реквизиты:
E-mail: realiz@mashin.ru
Тел.: 8 (495) 785-60-69.
Отдел продаж, маркетинга, рекламы
WWW.MASHIN.RU

gz817.indd 20 27.07.2017 9:54:20

УДК 621.436

В. А. Марков, д-р техн. наук, проф., Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, e-mail: vladimir.markov58@yandex.ru,
С. А. Зыков, канд. техн. наук, доц., e-mail: zykov.sa@yandex.ru, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева, **В. В. Бирюков,** аспирант, e-mail: birukov.vladimir@mail.ru, **Са Бовэнь,** магистрант, e-mail: bowensa@yandex.ru, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЭМУЛЬГИРОВАННОГО БИОТОПЛИВА В РАСПЫЛИТЕЛЕ ДИЗЕЛЬНОЙ ФОРСУНКИ. ЧАСТЬ 1

Свойства топлива оказывают значительное влияние на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Показаны преимущества использования топлив растительного происхождения в качестве альтернативных моторных топлив. Исследовано течение эмульгированного биотоплива в распылителе дизельной форсунки.

Ключевые слова: *дизельный двигатель, нефтяное дизельное топливо, альтернативное топливо, растительное масло, рапсовое масло, этанол, эмульгированное биотопливо, топливная форсунка, распылитель.*

Fuel properties have a significant impact on fuel efficiency and exhaust gases toxicity of internal combustion engines. Advantages of using fuels of vegetable origin as alternative motor fuels are shown. Emulsified biofuel flow in a diesel injector sprayer is investigated.

Keywords: *diesel engine, oil diesel fuel, alternative fuel, vegetable oil, rapeseed oil, ethanol, emulsified biofuel, fuel injector, sprayer.*

(рисунки 3—10 см. на 2—4 полосах обложки)

Современный этап развития мировой энергетики характеризуется неуклонным ростом потребления нефтепродуктов при примерно постоянных объемах их производства и, как следствие, нарастающим дефицитом моторных топлив. Указанные факторы приводят к необходимости реконструкции топливно-энергетического комплекса путем применения энергосберегающих технологий и перехода на альтернативные топлива. Все более широкое использование различных альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания обеспечивает постепенное замещение топлив нефтяного происхождения, значительно расширяет сырьевую базу для получения моторных топлив, облегчает решение вопросов снабжения топливом транспортных средств и стационарных установок. При этом особую значимость имеют альтернативные топлива из возобновляемых источников энергии (спирты, растительные масла и их производные, отходы сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности, биомасса), использование которых значительно улучшает показатели токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей и решает проблему снижения выбросов в атмосферу углекислого газа [1, 2].

Одним из перспективных направлений использования биотоплив является применение смесевых технологий, позволяющих получать смеси различных топлив с требуемыми физико-химическими свойствами. При этом появляется возможность целенаправленного воздействия на рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания и тем самым на показатели их топливной экономичности и токсичности ОГ [3—5]. К смесевым биотопливам относятся и эмульгированные топлива, компоненты которых в обычных условиях не смешиваются между собой. Эмульгированные топлива представляют собой дисперсные системы, состоящие из микроскопических капель жидкости (дисперсной фазы), распределенных в другой жидкости (дисперсной среде). Эмульсии могут быть образованы двумя любыми несмешивающимися жидкостями. Возможно получение и более сложных многокомпонентных эмульсий [6—8]. Наиболее известны водотопливные эмульсии — смеси нефтяного дизельного топлива (ДТ) и воды [9, 10]. К двухкомпонентным эмульсиям относятся и эмульсии двух биотоплив — рапсового масла (РМ) и этилового спирта (ЭС). Ниже

gz817.indd 21 27.07.2017 9:54:20

рассмотрена эмульсия, в которой капли ЭС распределены в объеме РМ. Эти эмульсии могут быть использованы в качестве топлива для дизелей.

Наличие в эмульгированном топливе легкокипящих компонентов (в данном случае — этанола), обладающих высокой теплотой испарения (у этанола — 870 кДж/кг; для сравнения у нефтяного ДТ — 250 кДж/кг), приводит к значительному снижению температур сгорания. Это способствует уменьшению образования оксидов азота в камере сгорания (КС) дизеля. Еще один эффект от применения эмульгированных топлив связан с улучшением качества процесса смесеобразования, вызванного различными температурами парообразования (выкипания) компонентов смесевого топлива [1, 9, 10]. В частности, при использовании эмульсий нефтяного ДТ и воды из-за более низкой температуры кипения (парообразования) воды при нагреве ее частиц, содержащихся в эмульгированном топливе, они взрывоподобно превращаются в пар, подвергая окружающие их частицы топлива дополнительному дроблению и турбулентному перемешиванию за счет выбросов паров воды из капель топлива. Аналогичный эффект возникает и при использовании эмульсий рапсового масла и этанола. В этом случае легкокипящий этанол при испарении турбулизирует частицы растительного масла, способствуя их быстрому распаду в КС дизеля.

В связи с указанными факторами использование эмульгированных топлив рассматривается в настоящее время в качестве эффективного средства уменьшения выбросов наиболее значимого токсичного компонента ОГ дизелей — оксидов азота NO_x, а также сажи или твердых частиц [9, 10]. При этом определенный интерес представляют исследования течения эмульгированного биотоплива в распылителе дизельной форсунки. При течении топлив по проточной части распылителя форсунки оно турбулизируется, что оказывает определенное влияние на характер смесеобразования в КС дизеля [11, 12]. Таким образом, при использовании эмульгированных топлив турбулизация их струй определяется как течением этого топлива по каналам распылителя форсунки, так и дополнительной турбулизацией за счет разницы температур кипения компонентов эмульсии.

Моделированию течения топлива в проточной части распылителей дизельных форсунок посвящены работы [13—18]. При этом, как правило, исследуется поток нефтяного дизельного топлива в распылителе форсунки. Вместе с тем определенный интерес представляют исследования параметров потока эмульгированного топлива. Для оценки степени турбулизации эмульгированного топлива в процессе его течения по каналам распылителя форсунки проведены расчетные исследования параметров такого потока. При моделировании течения эмульгированного биотоплива в распылителе дизельной форсунки исследована форсунка типа ФДМ-22 производства Ногинского завода топливной аппаратуры с распылителем типа 171.07.00 Алтайского завода прецизионных изделий (АЗПИ). Конструктивная схема исследуемого распылителя представлена на рис. 1, *а*, зависимость эквивалентного проходного сечения $\mu_р f_р$ распылителя от хода $h_и$ иглы форсунки — на рис. 1, *б*. Некоторые характеристики этого распылителя приведены в табл. 1 и 2.

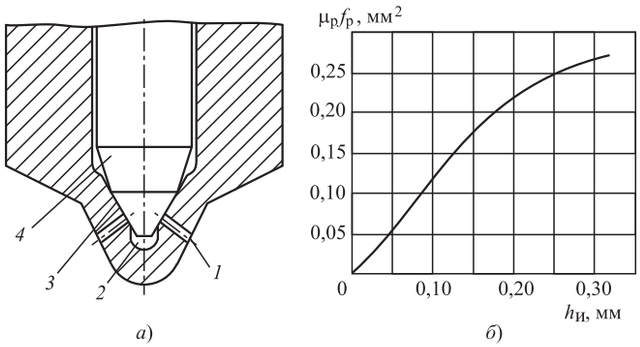


Рис. 1. Конструктивная схема распылителя АЗПИ типа 171.07.00 (*а*) и зависимость суммарной эффективной площади распылителя в сборе $\mu_р f_р$ от хода иглы $h_и$ (*б*):

1 — распыливающее отверстие; *2* — колодец; *3* — седло; *4* — игла

Таблица 1

Некоторые параметры исследуемого распылителя

Изготовитель, маркировка	Диаметр распыливающих отверстий $d_р$, мм	Число распыливающих отверстий $i_р$	Максимальный ход иглы $h_{и\,max}$, мм	Суммарная эффективная площадь распылителя в сборе $\mu_р f_р$, мм^2
АЗПИ, 171.07.00	0,35	5	0,32	0,270
Примечание. Значения $\mu_р f_р$ даны при максимальном подъеме иглы форсунки $h_{и\,max}$= 0,32 мм; указаны значения $h_и$ и $\mu_р f_р$ средние для комплекта распылителей.				

gz817.indd 22 27.07.2017 9:54:20

Таблица 2

Расположение распыливающих отверстий распылителя АЗПИ 171.07.00

№ отверстия	Угловое расположение отверстия относительно штифта, град	Угол наклона отверстия относительно оси распылителя, град
1	8	62
2	90	70
3	172	62
4	237	52
5	303	52

Моделирование течения топлива в проточной части распылителя дизельной форсунки проведено для дизельного топлива и эмульгированного топлива, содержащего 70 % рапсового масла и 30 % этилового спирта (по объему), который представляет собой эмульсию ЭС в РМ с диаметром капель ЭС, равным 50 мкм. Некоторые физико-химические свойства исследованных ниже топлив приведены в табл. 3 [19—21].

При моделировании течения указанных топлив в проточной части распылителя форсунки использован программный комплекс (ПК) Fluent, предназначенный для решения различных задач

Таблица 3

Физико-химические свойства ДТ, РМ, ЭС и эмульсии, содержащей 70 % рапсового масла и 30 % этилового спирта

Физико-химические свойства	Топливо			
	ДТ	РМ	ЭС	70 % РМ + 30 % ЭС
Условная формула состава	$C_{16,2}H_{18,5}$	$C_{57,0}H_{101,6}O_6$	C_2H_5OH	—
Молекулярная масса	223,3	883,04	46,07	631,95
Плотность, кг/м^3:				
при 20 °С	830,0	921,0	790,0	890,0
при 40 °С	822,7	914,6	782,2	883,2
Вязкость кинематическая, мм^2/с (сСт):				
при 20 °С	3,8	75,0	1,5	87,0
при 40 °С	2,4	36,0	1,1	45,0
Вязкость динамическая, мПа·с (сПз):				
при 20 °С	3,15	69,1	1,19	77,4
при 40 °С	1,97	32,9	0,86	39,7
Коэффициент поверхностного натяжения σ при 20 °С, мН/м	27,1	33,2	22,4	—
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 500	37 300	27 500	34 397
Цетановое число	45	36	8	—
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	12,5	9,0	11,3
Содержание, мас. %				
С	87,0	77,0	52,1	69,5
Н	12,6	12,0	13,2	12,4
О	0,4	11,0	34,7	18,1
Теплоемкость C_p, кДж/(кг·град):				
при 20 °С	2,1	2,0	2,4	2,1
при 40 °С	2,2	2,1	2,5	2,2
Теплопроводность, Вт/(м·К):				
при 20 °С	0,127	0,162	0,168	0,164
при 40 °С	0,123	0,160	0,163	0,162
Давление насыщенных паров, кПа:				
при 20 °С	2,7	0	15,8	0,27
при 40 °С	4,8	0	18,0	0,31

gz817.indd 23 27.07.2017 9:54:20

механики жидкостей и газов [22, 23]. Начиная с 2006 г. ПК Fluent входит в состав программного комплекса Ansys и является одним из лучших пакетов для CFD-моделирования. Этот пакет позволяет моделировать течения однофазных и многофазных сред. ПК Fluent включает такие многофазные модели, как VOF (Volume of Fluid), mixture и модель Эйлера. Для некоторых многофазных течений может использоваться модель дискретной фазы (DPM). VOF-модели используются для расчета течений со свободными поверхностями. Этот пакет позволяет учитывать взаимодействие частиц в эмульгированных средах. При моделировании потока эмульгированного топлива используется модель кавитации, входящая в ПК Fluent. Этот ПК включает в себя также множество моделей турбулентности: несколько версий модели k-ε, модели k-ω, Reynolds stress-модель (RSM), LES-модель, DES-модель.

В ПК Fluent используется неструктурированная сеточная технология (типы элементов — гексаэдры, тетраэдры, призмы и пирамиды). Тщательная адаптация расчетной сетки к реальной геометрии проточной части распылителя форсунки способствует получению точного решения для областей с большими градиентами потока, например, для пограничных слоев. В этот ПК включены ламинарные и турбулентные модели гидродинамики, теплопередачи, фазовых переходов и радиации, а также модели для расчета кавитации, сжимаемых жидкостей, теплообмена, теплопроводности, реальных газов, и модуль для расчета влажного пара. Постпроцессор Fluent позволяет представлять результаты расчета в векторном и контурном видах, а также отображать траектории движения частиц.

При моделировании двухфазного течения эмульгированного топлива — эмульсии 70 % РМ и 30 % ЭС в распылителе АЗПИ типа 171.07.00 исследована геометрия расчетной области распылителя (рис. 2). Этот распылитель имеет иглу диаметром $d_и$ = 5 мм с максимальным ходом $h_и$ = 0,32 мм (см. табл. 1). Распылитель имеет суммарную эффективную площадь в сборе $\mu_p f_p$ = 0,270 мм^2 (при полностью поднятой игле) и пять распыливающих отверстий диаметром $d_р$ = = 0,35 мм и длиной $l_р$ = 1,1 мм, угловое расположение которых приведено в табл. 2.

При расчетных исследованиях проведено моделирование стационарного течения нефтяного дизельного топлива и эмульгированного топлива (эмульсии 70 % РМ и 30 % ЭС) в проточной части распылителя при максимальном подъеме иглы

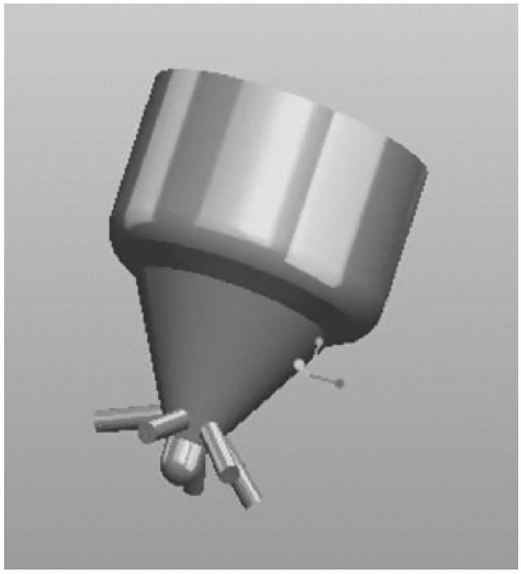


Рис. 2. Проточная часть распылителя АЗПИ, установленного в форсунке типа ФДМ-22

форсунки $h_и$ = 0,32 мм (моделирование проливки распылителя, но при повышенном давлении). Давление на входе в расчетную область принято равным $p_{вх}$ = 51,5 МПа, что соответствует давлению в процессе топливоподачи серийной топливной системы дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5) [3]. Температура топлива была принята постоянной и равной t = 40 °С. С целью ограничения времени расчета рассмотрена симметричная геометрия элемента проточная часть распылителя с одним распыливающим отверстием (отверстие № 2, см. табл. 2), представленная на рис. 3, *а*.

На первом этапе исследований моделировалось стационарное течение нефтяного дизельного топлива (ДТ) марки Л (летнее) по ГОСТ 305—82 в проточной части распылителя АЗПИ. Некоторые физико-химические свойства этого топлива приведены в табл. 3. Топливо считалось несжимаемым. Моделирование течения топлива в распылителе проведено при неизменном давлении на входе в расчетную область $p_{топл\ вх}$ = 51,5 МПа и при двух давлениях на выходе из расчетной области (на выходе из распыливающего отверстия). В первом случае давление на выходе составляло $p_{топл\ вых}$ = = 0,1 МПа (впрыскивание в атмосферу), а во втором — $p_{топл\ вых}$ = 8,878 МПа, что соответствует давлению в камере сгорания дизеля в момент начала впрыска. Это давление определено для дизеля типа Д-245.12С с использованием ПК Дизель-РК, разработанного в МГТУ им. Н. Э. Баумана профессором А. С. Кулешовым [24, 25].

gz817.indd 24 27.07.2017 9:54:20

Перед расчетными исследованиями проведено построение расчетной сетки. Следует отметить, что точность расчетной модели сильно зависит от размеров сетки. При разбивке проточной части распылителя на относительно крупные элементы требуемая точность расчетов не обеспечивается. Это иллюстрируется полученными при расчете значениям массового расхода топлива, представленными на рис. 4 (данные получены при размерах элементов сетки 0,06 мм; 0,05 мм; 0,04 мм; 0,03 мм; 0,02 мм и 0,15 мм). Из этих данных следует, что приемлемая точность расчета достигается при размерах элементов сетки меньше 0,04 мм. По мере уменьшения размеров элементов сетки точность заметно увеличивает, но при этом значительно возрастает продолжительность расчета. При размере элементов сетки менее 0,02 мм значение массового расхода топлива почти не зависит от этого размера. При этом для дальнейшего моделирования минимальный размер элементов сетки принят равным 0,02 мм, а максимальный — 0,04 мм. Построенная при данных допущениях сетка показана на рис. 3, *б*. Она позволяет обеспечить достаточно хорошую точность расчетных исследований.

Результаты моделирования течения нефтяного дизельного топлива в исследуемом распылителе дизельной форсунки при двух давлениях на выходе из расчетной области $p_{топл\ вых}$ = 0,1 и $p_{топл\ вых}$ = 8,878 МПа представлены на рисунках 5—8. При моделировании течения топлива по проточной части распылителя с противодавлением $p_{вых}$ = 0,1 МПа (впрыскивание в атмосферу) массовый расход топлива через одно отверстие распылителя оказался равным $G_т$ = = 0,015226 кг/с, а при давлении на выходе отверстия $p_{вых}$ = 8,878 МПа этот расход был равным $G_т$ = 0,015150 кг/с. Для анализа течения топлива внутри рассматриваемого распыливающего отверстия использована одноосевая система отчета, начальная точка которой совпадает с центром сечения на входе в отверстие, а ось координаты этой системы отсчета наплавлена по оси отверстия и имеет координату $l_{р\ тек}$. Таким образом, значение $l_{р\ тек}$ = 0 мм соответствует входу потока топлива в распыливающее отверстие, а значение $l_{р\ тек}$ = 1,1 мм — выходному сечению отверстия.

На рис. 5 показано распределение давления топлива в продольном сечении всей проточной части распылителя при указанных противодавлениях, а на рис. 6 — это распределение в исследуемом распыливающем отверстии. Исходя из рис. 5 следует отметить, что давление топлива в проточной части распылителя форсунки резко уменьшается при входе в распыливающее отверстие (см. рис. 5). Внутри распыливающего отверстия (в средней его части) давление топлива практически достигает атмосферного давления даже при наличии противодавления на выходе (см. рис. 6).

На рис. 7 приведены распределения векторов скорости течения топлива в продольном сечении распыливающего отверстия при противодавлении на выходе из отверстия $p_{топл\ вых}$ = = 8,878 МПа. При рассмотрении представленного распределения скоростей потока следует отметить наличие вихревого движения топлива. Появление вихрей с обратным потоком топлива подтверждается распределением скорости топлива в анализируемых продольных сечениях распыливающего отверстия (рис. 8). Появление обратного потока топлива (вихрей) во входной части отверстия обусловлено резким изменением направления потока и сужением канала. Возникновение обратного потока на выходе отверстия объясняется высоким противодавлением на выходе, что приводит к конденсации газовой фазы и искажению картины течения.

Полученные расчетные результаты свидетельствуют о том, что при течении топлива по распыливающему отверстию в этом потоке появляется газовая фаза, что обусловлено резким понижением давления по мере течения топлива по этому отверстию и выделением пузырьков газовой фазы. Это отражено на рис. 9. Возникновение пузырьков газовой фазы напрямую связано со снижением давления в сечениях, близких к входному сечению распыливающего отверстия, объемная концентрация газового топлива (пузырьков) вдоль направления течения сначала быстро растет, потом этот процесс стабилизируется. Причем при противодавлении $p_{топл\ вых}$ = 8,878 МПа газовая фаза на выходе отверстия отсутствует — наличие противодавления на выходе из распыливающего отверстия приводит к конденсации газового топлива, которая в этом случае на выходе из распыливающего отверстия не отмечена.

На рис. 10 приведены распределения турбулентной энергии потока топлива по длине распыливающего отверстия. Во входной части распыливающего отверстия наблюдается резкое увеличение турбулентной энергии потока, обусловленное резким изменением направления течения, сужением проточной части, возникновением вихрей и появлением пузырьков газовой фазы. На выходе отверстия наличие противодавления также проводит к повышению турбулентности потока.

gz817.indd 25 27.07.2017 9:54:20

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Альтернативные топлива** для двигателей внутреннего сгорания / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. — М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. — 791 с.
2. **Васильев И. П.** Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. — Луганск: Изд-во Восточноукраинского университета им. В. Даля, 2009. — 240 с.
3. **Марков В. А., Девянин С. Н., Семенов В. Г., Шахов А. В., Багров В. В.** Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях. — М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2011. — 536 с.
4. **Myo T.** The Effect of Fatty Acid Composition on the Combustion Characteristics of Biodiesel (A Dissertation Submitted to the Graduate School of Science and Engineering In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Engineering). — Japan: Kagoshima University, 2008. — 171 p.
5. **Knothe G., Van Gerpen J., Krahl J. et al.** The Biodiesel Handbook. — Shampaign, Illinois: AOCS Press, 2005. — 286 p.
6. **Марков В. А., Девянин С. Н., Зыков С. А., Гайдар С. М.** Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания. — М.: НИЦ "Инженер" (Союз НИО), 2016. — 292 с.
7. **Марков В. А., Девянин С. Н., Шумовский В. А.** Работа дизелей на многокомпонентных водотопливных эмульсиях // Транспорт на альтернативном топливе. — 2014. — № 2. — С. 23—32.
8. **Марков В. А., Зыков С. А., Бирюков В. В., Са Бовэнь.** Вязкостные характеристики многокомпонентных и эмульгированных топлив // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. — 2017. — № 3. — С. 64—65.
9. **Basha J. S., Anand R. B.** An Experimental Study in a CI Engine Using Nanoadditive Blended Water-Diesel Emulsion Fuel // International Journal of Green Energy. — 2011. — № 8. — P. 332—348.
10. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 376 с.
11. **Марков В. А., Девянин С. Н., Мальчук В. И.** Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — 360 с.
12. **Мальчук В. И.** Топливоподача и зональное смесеобразование в дизелях. — М.: МАДИ, 2009. — 176 с.
13. **Марков В. А., Стремяков А. В., Акимов В. С., Шумовский В. А.** Расчетные исследования процесса топливоподачи дизеля, оснащенного распылителями форсунок с различной геометрией проточной части // Грузовик. — 2011. — № 3. — С. 13—17.
14. **Марков В. А., Стремяков А. В., Мизев К. С., Девянин С. Н.** Расчетно-экспериментальное исследование распылителей дизельных форсунок с различной геометрией проточной части // Грузовик. — 2011. — № 8. — С. 15—27.
15. **Гришин Ю. А., Рысс К. Н.** Численный расчет течения топлива в форсунке дизеля // Известия вузов. Машиностроение. — 2013. — № 8. — С. 3—7.
16. **Гришин Ю. А., Копылов А. С.** Численное моделирование течения топлива в проточных частях распылителя форсунки // Известия вузов. Машиностроение. — 2015. — № 10. — С. 31—37.
17. **Naumov V. N., Pogulyaev Yu.D., Baitimerov R. M., Chizhov D. A.** New Diesel Engine Fuel Supply System Able to Control Pressure of Pre- and Post-Main Injections // SAE Technical Paper. — 2015. — № 2015-01-2805. — P. 1—6.
18. **Pogulyaev Yu. D., Baitimerov R. M., Rozhdestvenskii Y. V.** Detailed Dynamic Modeling of Common Rail Piezo Injector // Procedia Engineering. — 2015. — Vol. 129. — P. 93—98.
19. **Химический энциклопедический словарь** / Е. В. Вонский, А. А. Гусев, Н. М. Жаворонков и др. Под ред. И. Л. Кнунянца. — Л.: Советская энциклопедия, 1983. — 792 с.
20. **Свойства органических соединений:** Справочник / Под ред. А. А. Потехина. — Л.: Химия, 1984. — 520 с.
21. **Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т.** Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие / Пер. с англ. Б. И. Соколова. — Л.: Химия, 1982. — 592 с.
22. **Применение системы Ansys** к решению задач механики сплошной среды. Практическое руководство / Под ред. А. К. Любимова. — Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2006. — 227 с.
23. **Батурин О. В., Батурин Н. В., Матвеев В. Н.** Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса Fluent: Учебное пособие. — Самара: Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета, 2009. — 151 с.
24. **Кулешов А. С.** Многозонная модель для расчета сгорания в дизеле. Расчет распределения топлива в струе // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Машиностроение. — 2007. — Специальный выпуск "Двигатели внутреннего сгорания". — С. 18—31.
25. **Грехов Л. В., Кулешов А. С.** Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. — 64 с.
26. **Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А.** Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для вузов. — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. — 344 с.
27. **Топливные системы** и экономичность дизелей / И. В. Астахов, Л. Н. Голубков, В. И. Трусов и др. — М.: Машиностроение, 1990. — 288 с.

gz817.indd 26 27.07.2017 9:54:20

УДК 625.144.5

А. Ю. Быков, аспирант, e-mail: andrei_18bykov@mail.ru, **В. Ф. Ковальский,** д-р техн. наук, проф., e-mail: viktor-kovalckiy@mail.ru, Московский государственный университет путей сообщения императора Николая II МГУПС (МИИТ)

КОМБИНИРОВАННЫЙ ХОД КОМПЛЕКСА ПУТЕВОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО

В статье рассматривается описание работы и состав основных сборочных единиц комбинированного хода комплекса путевого универсального для передвижения по железнодорожному пути колеи 1520 и 1435 мм с рельсами типа Р43, Р50, Р65, Р75.

Ключевые слова: *комбинированный ход, колесо-сателлит, кулиса.*

In the article, discusses the job description and the composition of the main Assembly units of combined course of complex universal track, for movement on the railway track of 1520 and 1435 mm rail type P43, P50, P65, P75.

Keywords: *combined motion, wheel-sattellite, linkage.*

Стремление сокращать расходы, увеличивать прибыль и тем самым повышать эффективность эксплуатационной деятельности определяет потребность железных дорог и предприятий промышленного комплекса в специфических тяговых средствах для маневровых работ. Такие транспортные средства обладают способностью передвигаться как по рельсам, так и по автомобильным дорогам. Наиболее широкое распространение получили колесные машины на комбинированном (железнодорожном и автомобильном) ходу, которые представляют собой обычные серийно выпускаемые автомобили и трактора, приспосабливаемые к движению по рельсам [1].

По устройству комбинированного хода пневмоколесные транспортные средства разделяются на следующие подгруппы.

К первой относится самая распространенная конструкция, устанавливаемая на пневмоколесные транспортные средства, — направляющий комбиход. По данной схеме выполнено более 90 % мирового парка машин на комбинированном ходу [2].

Ко второй подгруппе относятся машины с приводными направляющими металлическими катками. Основное отличие конструкции приводного комбинированного хода от направляющего заключается в том, что транспортное средство полностью вывешивается над рельсами, а привод осуществляется через установленные колесные пары. Такая конструкция применяется в тех случаях, когда колея пневмоколес машины не совпадает с железнодорожной или когда нужно получить максимальную силу тяги. Привод катков может быть осуществлен от гидро- или электродвигателей, от трансмиссии машины или от ее пневмоколес [2].

Конструкция комбинированного хода с приводными направляющими металлическими катками была использована при разработке комплекса путевого универсального (далее — комплекс),

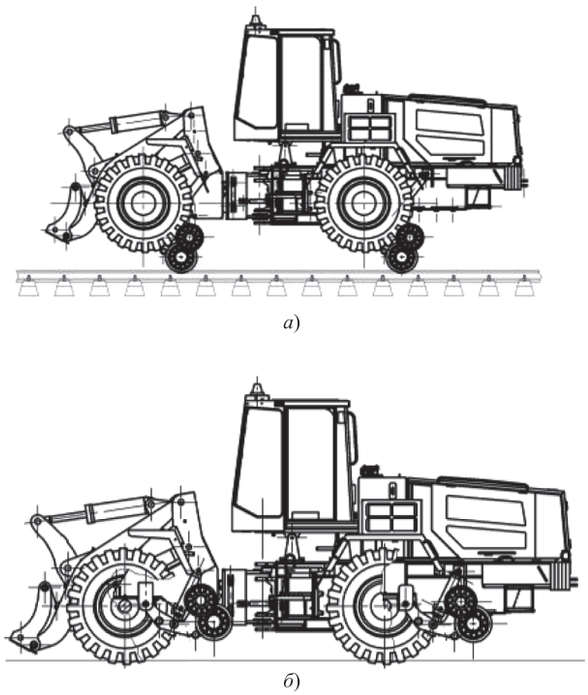


Рис. 1. Передвижение путевого универсального комплекса:

а — по железным дорогам; *б* — по автомобильным дорогам

gz817.indd 27 27.07.2017 9:54:20

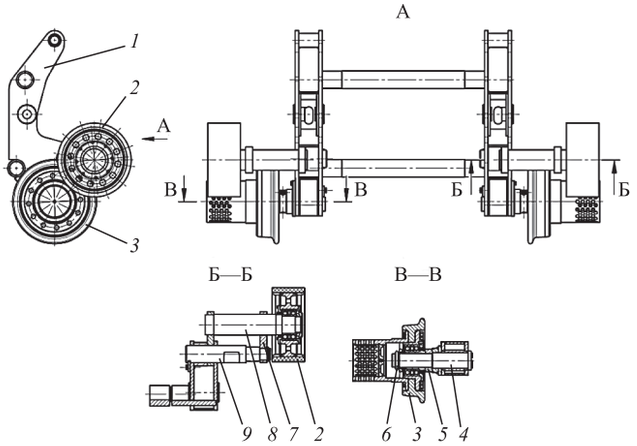


Рис. 2. Устройство тележки:

1 — рама; *2* — колеса-сателлиты; *3* — колесо; *4*, *9* — ось; *5* — разъемная вставка; *6* — гайка; *7* — серьга; *8* — кронштейн

предназначенного для комплексной механизации путевых работ с целью обеспечения строительства, восстановления, ремонта, текущего содержания и функционирования инфраструктуры железнодорожного транспорта [3]. Благодаря своей универсальности комплекс передвигается как по автомобильным дорогам, так и по железнодорожным (рис. 1).

Комплекс на комбинированном ходу состоит из погрузчика на пневматическом автомобильном ходу и установленных на его раме двух тележек, оборудованных колесами с профилем катания.

Тележка подвешена к раме погрузчика с помощью осей. Установка тележки на путь производится гидроцилиндрами, установленными на раме погрузчика. Гидроцилиндры соединены с рамой тележки через оси. Устройство тележки приведено на рис. 2.

Тележка состоит из рамы *1*, в которой смонтированы колеса *3* и колеса-сателлиты *2*. Колеса *3* установлены на осях *4* и закреплены на ней гайками *6*. На осях *4* между колесами *3* и рамой *1* установлены разъемные вставки *5*. Колеса-сателлиты установлены на осях кронштейна *8*, который опирается через серьгу *7* на ось *9*. В тележках изменение ширины колеи с 1520 мм на 1435 мм производится путем переустановки вставок *5* на осях *4*.

Рама тележки приведена на рис. 3. Рама сварной конструкции состоит из кулис *1* и *3*, объединенных перемычками *2*. В кулисах выполнены расточки под установку осей.

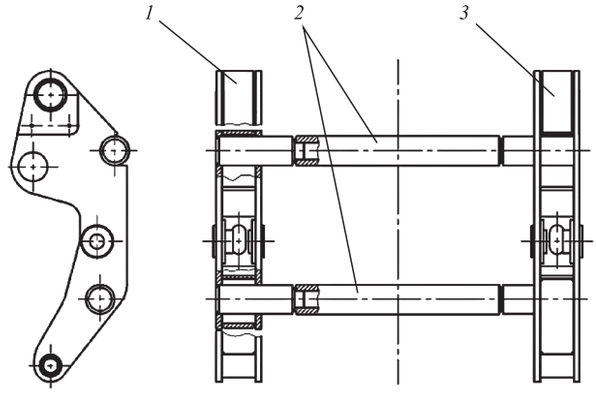


Рис. 3. Рама тележки:

1, *3* — кулиса; *2* — перемычка

Устройство колеса приведено на рис. 4. Колесо состоит из колеса с профилем катания *5*, в котором с помощью специальных болтов *4* и гаек *20* закреплены барабан *1* и ступица *18*. В ступице *18* установлены наружные кольца подшипников *6*, *13* и проставочная втулка *19*. Внутренние кольца подшипников *6*, *13* и проставочная втулка *12* установлены на втулке *14* и поджаты гайкой *2* через втулку *3*. Полость подшипников закрыта крышками *8*, *16*, *17* и уплотнена от попадания влаги, пыли, грязи резиновыми кольцами *9*, *10*, *11* и манжетой *15*.

Устройство колеса-сателлита приведено на рис. 5. Колесо-сателлит состоит из ступицы с полиуретановым бандажом *1*, в которой установлены два под-

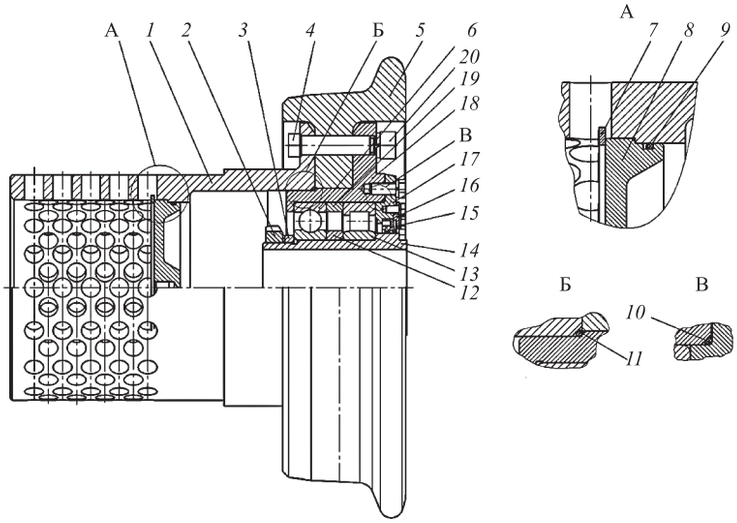


Рис. 4. Устройство колеса:

1 — барабан; *2*, *20* — гайка; *3*, *14* — втулка; *4* — специальный болт; *5* — профиль катания; *6*, *13* — внутренние кольца подшипников; *7*, *9*, *10*, *11* — резиновое кольцо; *8*, *16*, *17* — крышка; *12*, *19* — проставочная втулка; *15* — манжета; *18* — ступица

gz817.indd 28 27.07.2017 9:54:20

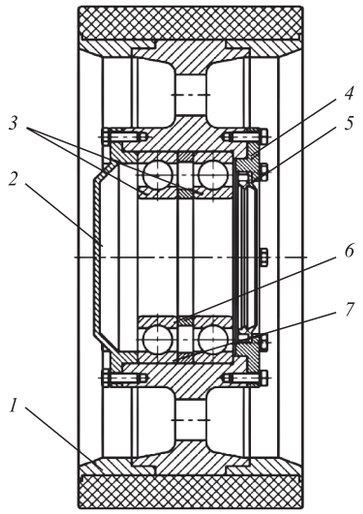


Рис. 5. Устройство колеса-сателлита:

1 — бандаж; *2*, *4* — крышка; *3* — подшипник; *5* — манжета; *6*, *7* — проставочная втулка

шипника *3* и проставочные втулки *6* и *7*. Полость подшипников закрыта крышками *2*, *4* и уплотнена манжетой *5*.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что использование машин на комбинированном (железнодорожном и автомобильном) ходу на предприятиях промышленности позволит значительно снизить экономические затраты при производстве путевых, поездных и маневровых работ, расширить область применения существующего оборудования, что в сегодняшних экономических условиях является важным перспективным направлением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Краснов Ю. О., Николаев Л. М.** Универсальная путевая машина УПМ-1. М.: ВПТИТРАНССТРОЙ, 1990. — 435 с.
2. **Ташбаев В. А., Шебзухов Ю. А.** Колесные машины на комбинированном ходу. М.
3. **Быков А. Ю.** Специальная техника Железнодорожных войск // Грузовик. — 2016. — № 8.

Эффективный контроль давления в шинах

Около 30 % поломок транспорта связаны с повреждением шин, при этом 90 % таких поломок — это следствие большой потери давления в шинах, о которой не знает водитель. Концерн Continental разработал систему контроля давления в шинах ContiPressureCheck (CPC).

Обычно шины большегрузных автомобилей накачаны недостаточно. В частности, при уменьшении давления воздуха в шинах полностью загруженного автопоезда на 2 бара расход топлива увеличивается примерно на 0,7 л/100 км. Эти результаты получены Continental в ходе испытаний на полигоне Contidrom и подтверждены компанией DEKRA Automobil GmbH. Правильное значение давления воздуха в шинах позволяет экономить топливо и повышать срок службы шин. Поэтому установка ContiPressureCheck способствует снижению издержек эксплуатации автопарка и повышает эффективность управления им.

Ключевым элементом системы является специально разработанный датчик, который устанавливается внутрь шины. Датчик располагается таким образом, чтобы не влиять на ее посадку. Одновременно положение датчика обеспечивает высокоточное измерение температуры воздуха внутри шины.

Датчик подходит для любых шин коммерческих автомобилей вне зависимости от конструкции вентиля и обода. Их можно установить самостоятельно на любые шины, в том числе на автобусные шины Continental третьего поколения — Conti Urban HA3. Устанавливается CPC быстро и легко, поскольку состоит всего из четырех компонентов: ресивера, дисплея, предупреждающего индикатора (только для прицепов) и датчиков.

Датчики устанавливаются на все шины грузовика и прицепа. Ресивер помещается на раму между управляемой и ведущей осями. Датчики передают информацию о давлении в ресивер. Ресивер может получать сигналы максимум от 24 датчиков, а это значит, что можно эффективно защитить сразу 24 шины. Информация из датчиков передается через кабель на дисплей, который расположен в кабине водителя. На него в случае низкого давления выводятся визуальные и звуковые предупреждения. Шины прицепа можно отслеживать отдельно. Водитель следит за состоянием шин при помощи проблескового светового сигнала.

Система ContiPressureCheck также совместима с рядом телематических систем, благодаря чему можно просматривать результаты измерений давления и температуры шин на общем экране и передавать эти данные на внешние устройства. Это обеспечивает прозрачность процесса для руководителей автопарка и упрощает контроль за состоянием шин.

С 2016 г. CPC устанавливается в заводскую комплектацию автобусов Solaris — одного из ведущих европейских производителей городских автобусов и троллейбусов. Все автобусы Solaris теперь проектируются с учетом установки ContiPressureCheck в качестве стандартного оборудования. Система интегрирована в производство. Теперь данные о давлении и температуре воздуха в шине отображаются прямо на приборной панели.

С CPC улучшается производительность коммерческого транспорта, сокращаются производственные издержки, уменьшается воздействие на окружающую среду. В дополнение ко всему ContiPressureCheck несет дополнительный вклад в безопасность пассажиров. Необходимо отметить также, что система CPC окупается уже после первой предотвращенной поломки, связанной с неисправностью шин.

Пресс-служба компании Continental

gz817.indd 29 27.07.2017 9:54:20

УДК 625.7/.8:656.13.05

М. В. Катасонов, канд. техн. наук, доц., e-mail: max.inga@rambler.ru,
А. И. Лескин, канд. техн. наук, доц., e-mail: leskien@inbox.ru,
Д. И. Гофман, e-mail: Dima.0103@mail.ru, Институт архитектуры и строительства ФГБОУ ВПО "Волгоградский государственный технический университет", Россия, г. Волгоград,
А. В. Кочетков, д-р техн. наук, проф., e-mail: soni.81@mail.ru, ФГБОУ ВПО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет", Россия, г. Пермь,
Н. В. Щеголева, канд. техн. наук, e-mail: shegoleva123@mail.ru, ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.", Россия, г. Саратов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО УСКОРЕНИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ИСКУССТВЕННЫМИ НЕРОВНОСТЯМИ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИНОМА ЭРМИТА

Методика определения величины вертикального ускорения взаимодействия транспортного средства с неровностями неправильной формы, в зависимости от ряда параметров, таких как вид неровности, скорости наезда автомобиля на неровность, высоты, уклона участка подъема, позволяет в зависимости от клиренса, угла заднего и переднего свеса определить геометрические параметры неровности.

Ключевые слова: *автомобиль, вертикальное ускорение, искусственная неровность, полином, дорожное покрытие, методика, геометрическая форма.*

Method of determining the magnitude of vertical acceleration the vehicle interaction with roughness of irregular shape, depending on several parameters, such as speed bumps, view car collisions on roughness, height, slope of the plot allows recovery depending on the ground, the angle of the rear and Front overhang, determine the geometrical parameters of roughness.

Keywords: *car, vertical acceleration, hump, polynomial, pavements, methodology, geometric form.*

В Таможенном союзе принят ГОСТ 32964—2014 "Дороги автомобильные общего пользования. Искусственные неровности сборные. Технические требования. Методы контроля". В его приложении А приведена формула оценки инерционной перегрузки, возникающей при проезде транспортных средств и действующей на водителя и пассажиров. В приложении указывается, что допустимое значение вертикальной инерционной перегрузки должно быть не более 0,7.

Точность использования приведенной в приложении А формулы расчета вертикальной перегрузки не является темой данной статьи, в которой рассматривается более общий подход, распространяющийся и на искусственные неровности неправильной формы на примере полинома Эрмита.

В результате взаимодействия транспортного средства с неровностями возникают вертикальные ускорения, которые в свою очередь отрицательным образом влияют на человека [1—9].

Представляется целесообразным определить эту величину в зависимости от вида неровности, геометрических параметров неровностей, скорости взаимодействия и т. д.

В связи с многочисленными проездами автомобилей подобных неровностей, которые, как известно, имеют различную форму, происходит изменение их внешнего вида, тем самым они приобретает неправильный вид.

Методика определения величины вертикального ускорения для искусственных неровностей, имеющих неправильный вид, будет построена на примере используемого в математике полинома Эрмита (1):

gz817.indd 30 27.07.2017 9:54:20

$$H_n(x) = y_0 \frac{(x-x_1)(x-x_2)^2 \ldots (x-x_n)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)^2 \ldots (x_0-x_n)} + y_1 \frac{(x-x_0)(x-x_2)^2 \ldots (x-x_n)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)^2 \ldots (x_1-x_n)} +$$
$$+ y_2 \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_3)\ldots(x-x_n)}{(x_2-x_0)(x_2-x_1)(x_2-x_3)\ldots(x_2-x_n)} + \ldots + y_n \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)^2 \ldots (x-x_{n-1})}{(x_n-x_0)(x_n-x_1)(x_n-x_2)^2 \ldots (x_n-x_{n-1})}. \quad (1)$$

Характерные точки	Результаты практических измерений	
	Интервалы, *x*	Высоты, *y*
A	0,45	0,018
B	0,9	0,032
C	1,4	0,065
D	1,9	0,087
E	2,4	0,103
F	2,9	0,1
G	3,4	0,087
H	3,9	0,069
K	4,4	0,047
L	4,9	0,03
M	5,4	0,023
N	5,85	0,013

В основу данной методики будут заложены следующие принципы:

1. в местах расположения подобных неровностей геодезическими приборами через определенный интервал будут определены высоты данных точек;

2. по результатам практических измерений, с использованием зависимости (1) будет получен определенный вид уравнения *f*(*x*);

3. на основании полученного уравнения, и преобразовав его и проверив на сходимость значений (*x*) и (*y*), будет получена зависимость, регламентирующая такой вид неровностей.

Произведем расчет неровности с длиной L = 5,85 м со скоростью взаимодействия автомобиля с неровностью V = 60 км/ч.

В таблице представлены результаты измерений.

На основании полинома Эрмита (1) и данных таблицы получаем следующий вид уравнения:

$$f(x) = 0,018 \frac{(x-0,9)^2(x-1,4)(x-1,9)(x-2,4)(x-2,9)(x-3,4)(x-3,9)}{(0,45-0,9)^2(0,45-1,4)(0,45-1,9)(0,45-2,4)(0,45-2,9)(0,45-3,4)} \times$$
$$\frac{(x-4,4)(x-4,9)(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(0,45-3,9)(0,45-4,4)(0,45-4,9)(0,45-5,4)(0,45-5,85)(0,45-6,4)} +$$
$$+ 0,032 \frac{(x-0,45)(x-1,4)(x-1,9)(x-2,4)(x-2,9)(x-3,4)(x-3,9)(x-4,4)}{(0,9-0,45)(0,9-1,4)(0,9-1,9)(0,9-2,4)(0,9-2,9)(0,9-3,4)(0,9-3,9)} \times$$
$$\times \frac{(x-4,9)(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(0,9-4,4)(0,9-4,9)(0,9-5,4)(0,9-5,85)(0,9-6,4)} + 0,065 \frac{(x-0,45)(x-0,9)^2}{(1,4-0,45)(1,4-0,9)^2} \times$$
$$\times \frac{(x-1,9)(x-2,4)(x-2,9)(x-3,4)(x-3,9)(x-4,4)(x-4,9)(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(1,4-1,9)(1,4-2,4)(1,4-2,9)(1,4-3,4)(1,4-3,9)(1,4-4,4)(1,4-4,9)(1,4-5,4)(1,4-5,85)(1,4-6,4)} +$$
$$+ 0,087 \frac{(x-0,45)(x-0,9)^2(x-1,4)(x-2,4)(x-2,9)(x-3,4)}{(1,9-0,45)(1,9-0,9)^2(1,9-1,4)(1,9-2,4)(1,9-2,9)} \times$$
$$\times \frac{(x-3,9)(x-4,4)(x-4,9)(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(1,9-3,4)(1,9-3,9)(1,9-4,4)(1,9-4,9)(1,9-5,4)(1,9-5,85)(1,9-6,4)} +$$
$$+ 0,103 \frac{(x-0,45)(x-0,9)^2(x-1,4)(x-1,9)(x-2,9)(x-3,4)(x-3,9)(x-4,4)(x-4,9)}{(2,4-0,45)(2,4-0,9)^2(2,4-1,4)(2,4-1,9)(2,4-2,9)(2,4-3,4)(2,4-3,9)(2,4-4,4)} \times$$
$$\times \frac{(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(2,4-4,9)(2,4-5,4)(2,4-5,85)(2,4-6,4)} + 0,1 \frac{(x-0,45)(x-0,9)^2(x-1,4)(x-1,9)}{(2,9-0,45)(2,9-0,9)^2(2,9-1,4)} \times$$
$$\times \frac{(x-2,4)(x-3,4)(x-3,9)(x-4,4)(x-4,9)(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(2,9-1,9)(2,9-2,4)(2,9-3,4)(2,9-3,9)(2,9-4,4)(2,9-4,9)(2,9-5,4)(2,9-5,85)(2,9-6,4)} +$$

gz817.indd 31 27.07.2017 9:54:20

$$+\,0,087\frac{(x-0,45)(x-0,9)^2(x-1,4)(x-1,9)(x-2,4)(x-2,9)(x-3,9)}{(3,4-0,45)(3,4-0,9)^2(3,4-1,4)(3,4-1,9)(3,4-2,4)(3,4-2,9)}\times$$
$$\times\frac{(x-4,4)(x-4,9)(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(3,4-3,9)(3,4-4,4)(3,4-4,9)(3,4-5,4)(3,4-5,85)(3,4-6,4)}+0,069\frac{(x-0,45)}{(3,9-0,45)}\times$$
$$\times\frac{(x-0,9)^2(x-1,4)(x-1,9)(x-2,4)(x-2,9)(x-3,4)(x-4,4)(x-4,9)(x-5,4)}{(3,9-0,9)^2(3,9-1,4)(3,9-1,9)(3,9-2,4)(3,9-2,9)(3,9-3,4)(3,9-4,4)(3,9-4,9)}\times$$
$$\times\frac{(x-5,85)(x-6,4)}{(3,9-5,4)(3,9-5,85)(3,9-6,4)}+0,047\frac{(x-0,45)(x-0,9)^2(x-1,4)(x-1,9)(x-2,4)}{(4,4-0,45)(4,4-0,9)^2(4,4-1,4)(4,4-1,9)}\times$$
$$\times\frac{(x-2,9)(x-3,4)(x-3,9)(x-4,9)(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(4,4-2,4)(4,4-2,9)(4,4-3,4)(4,4-3,9)(4,4-4,9)(4,4-5,4)(4,4-5,85)(4,4-6,4)}+$$
$$+0,03\frac{(x-0,45)(x-0,9)^2(x-1,4)(x-1,9)(x-2,4)(x-2,9)(x-3,4)(x-3,9)}{(4,9-0,45)(4,9-0,9)^2(4,9-1,4)(4,9-1,9)(4,9-2,4)(4,9-2,9)(4,9-3,4)}\times$$
$$\times\frac{(x-4,4)(x-5,4)(x-5,85)(x-6,4)}{(4,9-3,9)(4,9-4,4)(4,9-5,4)(4,9-5,85)(4,9-6,4)}+0,023\frac{(x-0,45)(x-0,9)^2}{(5,4-0,45)(5,4-0,9)^2}\times$$
$$\times\frac{(x-1,4)(x-1,9)(x-2,4)(x-2,9)(x-3,4)(x-3,9)(x-4,4)(x-4,9)(x-5,85)}{(5,4-1,4)(5,4-1,9)(5,4-2,4)(5,4-2,9)(5,4-3,4)(5,4-3,9)(5,4-4,4)(5,4-4,9)}\times$$
$$\times\frac{(x-6,4)}{(5,4-5,85)(5,4-6,4)}+0,013\frac{(x-0,45)(x-0,9)^2(x-1,4)(x-1,9)(x-2,4)(x-2,9)}{(5,85-0,45)(5,85-0,9)^2(5,85-1,4)(5,85-1,9)}\times$$
$$\times\frac{(x-3,4)(x-3,9)(x-4,4)(x-4,9)(x-5,4)(x-6,4)}{(5,85-2,4)(5,85-2,9)(5,85-3,4)(5,85-3,9)(5,85-4,4)(5,85-4,9)(5,85-5,4)(5,85-6,4)}.$$

В связи со сложностью полученного уравнения предоставляется целесообразным его преобразовать таким образом, чтобы данный вид уравнения принял следующий вид:

$$f(x)=-79,67459911946860484 3x^6+58,821361194119857276x-8,680927318304440587 7+$$
$$+\,260,68964725678887005x^3+0,91036395931584857449x^9-258,99567331496782220x^4-$$
$$-\,5,8563672150987542053x^8+172,59312880723302792x^5+5,508113682457047914 5\cdot10^{-3}x^{11}-$$
$$-\,9,2367342114118935082\cdot10^{-2}x^{10}-165,51163052602602963331x^2-$$
$$-\,25,818823247020621200x^7-1,4635912601494543408\cdot10^{-4}x^{12}.$$

Основываясь на предположениях описанной ранее методики, приступаем к расчетам вертикальных ускорений, предварительно проверив полученное выше уравнение.

$$f'(x)=-478,04759471681162906x^5+58,821361194119857276+$$
$$+\,782,06894177036661015x^2+8,1932756338426371704x^8-$$
$$-\,1035,9826932598712888x^3-46,850937720790033642x^7+$$
$$+\,862,96564403616513960x^4+6,0589250507027527060\cdot10^{-2}x^{10}-$$
$$-\,0,92367342114118935082x^9-331,02326105205926662x+$$
$$+\,180,73176272914434840x^6-1,7563095121793452090\cdot10^{-3}x^{11}.$$

Далее, выбрав характерные точки на неровности (см. таблицу), выписываем их координаты (x, y): A(0,45; 0,018); B(0,9; 0,032); C(1,4; 0,065); D(1,9; 0,087); E(2,4; 0,103); F(2,9; 0,1); G(3,4; 0,087); H(3,9; 0,069); K(4,4; 0,047); L(4,9; 0,03); M(5,4; 0,023); N(5,85; 0,013).

$$f'(0,45)=1,73;\quad \cos\alpha=\frac{1}{\sqrt{1+(1,73)^2}}=0,5;\quad \cos\beta=\frac{1,73}{\sqrt{1+(1,73)^2}}=0,866;$$

gz817.indd 32 27.07.2017 9:54:20

$$\left|\overline{V_0}\right| = 60 \text{ км/ч} = \frac{60\ 000}{3600} = 16,667 \text{ м/с}; \quad \overline{V_1}\left\{\frac{16,667}{\sqrt{1+(1,73)^2}}; \frac{16,667\cdot 1,73}{\sqrt{1+(1,73)^2}}\right\} = \{8,339;\ 14,43\};$$

$$\Delta\overline{V}\,\{-8,327;\ 14,43\}; \quad \left|\Delta\overline{V}\right| = \sqrt{8,327^2+14,43^2} = 16,661, \text{ м/с};$$

$$\Delta S = \sqrt{x^2+y^2} = \sqrt{0,045^2+0,018^2} = 0,45; \quad \Delta t = \frac{\Delta S}{\left|\overline{V_0}\right|} = 0,027, \text{ с}.$$

Тогда: $\left|\overline{a}_{1\text{винпч}}\right| = \frac{\left|\Delta\overline{V}\right|}{\Delta t} = \frac{16,661}{0,027} = 617,074$, м/с^2. Координаты вектора $\overline{a}_{1\text{винпч}}$:

$$\overline{a}_{1\text{винпч}}\left\{-617,074\cos(90^\circ-\alpha);\ 617,074\cos\alpha\right\} = \overline{a}_{1\text{винпч}}\left\{-617,074\sin\alpha;\ 617,074\cos\alpha\right\} =$$

$$= \overline{a}_{1\text{винпч}}\left\{-617,074\sin(90^\circ-\beta);\ 617,074\cos\alpha\right\} = \overline{a}_{1\text{винпч}}\left\{-617,074\cos\beta;\ 617,074\cos\alpha\right\} =$$

$$= \overline{a}_{1\text{винпч}}\left\{-617,074\cdot 0,866;\ 617,074\cdot 0,55\right\} = \overline{a}_{1\text{винпч}}\left\{-534,273;\ 308,761\right\}.$$

Определим вектор скорости в точке *B*:

$$f'(0,9) = -0,116; \quad \cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+0,116^2}} = 0,993;$$

$$\cos\beta = \frac{-0,116}{\sqrt{1+0,116^2}} = -0,116.$$

Отсюда:

$$\overline{V_2}\,\{16,667\cdot 0,993;\ 16,667\cdot(-0,116)\} = \overline{V_2}\,\{16,555;\ -1,927\};$$

$$\Delta\overline{V_2} = \overline{V_2} - \overline{V_1} = \{16,555-8,339;\ (-1,927)-14,43\} = \{8,216;\ -16,357\};$$

Находим модуль $\left|\Delta\overline{V_2}\right| = \sqrt{8,216^2+16,357^2} = 18,305$.

Подставляя $\Delta t = 0,027$, с, $\left|\overline{a}_{2\text{винпч}}\right| = \frac{18,305}{0,027} = 677,948$, м/с^2. Координаты вектора $\overline{a}_{2\text{винпч}}$:

$$\overline{a}_{2\text{винпч}}\,\{-677,948\cdot(-0,116);\ 677,948\cdot 0,993\} = \overline{a}_{2\text{винпч}}\,\{78,389;\ 673,401\}.$$

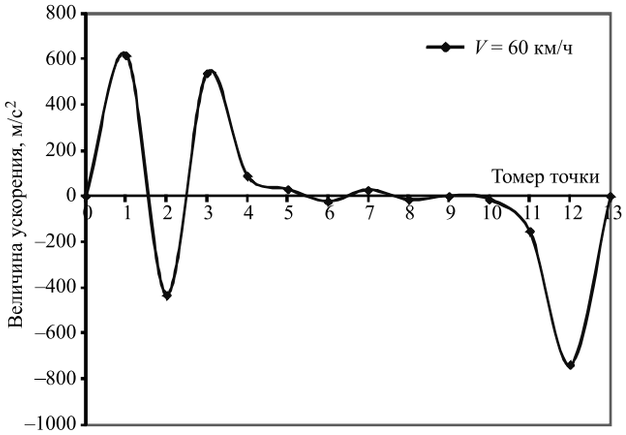
Найдем проекцию $\overline{a}_{1\text{винпч}}$ на $\overline{a}_{2\text{винпч}}$:

$$np_{\overline{a}_{2\text{винпч}}}\overline{a}_{1\text{винпч}} = \frac{\overline{a}_{1\text{винпч}}\overline{a}_{2\text{винпч}}}{\left|\overline{a}_{2\text{винпч}}\right|} = \frac{(-534,273)(78,389)+308,761\cdot 673,401}{677,948} = 244,913, \text{ м/с}^2.$$

Поскольку направление вектора $\overline{a}_{2\text{винпч}}$ совпадает с направлением вектора $\Delta\overline{V_2}$, то для результирующего ускорения в точке *B* получим:

$$\left|\overline{a}_{2\text{винпч}_{\text{рц}}}\right| = np_{\overline{a}_{2\text{винпч}}}\overline{a}_{1\,винпч} - \left|\overline{a}_{2\text{винпч}}\right| = 244,913-677,948 = -433,035, \text{ м/с}^2.$$

gz817.indd 33 27.07.2017 9:54:20



Результаты расчета результирующих ускорений для неровности неправильной формы при *L* = 5,85 м и h_{max} = 0,103 м

Исходя из вышеизложенного, можно произвести аналогичные расчеты для точек: *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *K*, *L*, *M*, *N*.

На основании полученных результатов был составлен график результирующих ускорений, в зависимости от скорости наезда транспортного средства (*V* = 60 км/ч) на неровности неправильной формы (рисунок).

Согласно приведенной выше методике, представляется возможным рассчитать величину вертикальных ускорений для искусственных неровностей циркульного профиля и трапецеидальной формы.

Таким образом, методика определения величины вертикального ускорения взаимодействия транспортного средства с неровностями неправильной формы, исходя из ряда параметров, таких как вид неровности, скорости наезда автомобиля на неровность, высоты, уклона подъема позволит исходя из ряда клиренса, углов заднего и переднего свеса определить геометрические параметры неровности.

На основании данных, полученных в результате теоретических расчетов, авторы сопоставили их с практической оценкой вертикальных ускорений, которые показали минимальное расхождение результатов (в пределах 3—5 %), что подтверждает их достоверность.

Таким образом, предлагаемая математическая модель расчета вертикальных ускорений дает возможность использовать ее при определении размеров и конфигураций искусственных неровностей различного сечения в зависимости от требуемой величины "вынужденной скорости".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Александров А. С., Сиротюк В. В.** Обоснование величины допустимой необратимой деформации покрытий // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2002. — № 1.
2. **Говорущенко Н. Я.** Исследование влияния высоты, формы неровностей и скорости движения автомобилей на относительные перемещения кузова и колес // Автомобильный транспорт. — 1964. — № 1.
3. **Григоренко Л. В., Колесников В. С.** Динамика автотранспортных средств. Теория, расчет передающих систем и эксплуатационно-технических качеств. — Волгоград: Комитет по печати и информации, 1998. — 544 с.
4. **Бабков В. Ф.** Принудительное ограничение скорости движения в населенных пунктах // Проектирование автомобильных дорог и безопасность движения. Сб. научных трудов МАДИ. — М., 1993. — С. 97—114.
5. **Рекомендации** по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: ОС-557-р: утв. распоряжением Минтранса России 24.06.02: ввод в действие с 24.06.02. — ФГУП Информавтодор, 2002. — 18 с.
6. **Сильянов В. В.** Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц, учеб. для вузов по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство". 2008. — М.: Академия. — 110 с.
7. **Исследование** влияния искусственных неровностей проезжей части автомобильных дорог на режимы и безопасность движения. Катасонов М. В.: Дисс. ... канд. техн. наук. — Волгоград, 2003. — 182 с.
8. **Катасонов М. В., Лескин А. И., Кочетков А. В.** Методика определения геометрических факторов проезда автомобилями искусственных неровностей. Интернет-журнал Науковедение. 2016. Т. 8. № 2. — С. 104.
9. **Щеголева Н. В., Рязанцева М. В.** К вопросу об анализе нормативных документов оценки продольной ровности покрытия и комфортности движения [Электронный ресурс] // Техническое регулирование в транспортном строительстве. — 2016. — № 3 (17). — С. 4.

gz817.indd 34 27.07.2017 9:54:20

УДК: 629.113.004.55

В. И. Ерохов, д-р техн. наук, профессор, Московский политехнический университет
E-mail: pdo@mami.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГАЗОБАЛЛОННОГО АВТОМОБИЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА СЖИЖЕННОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Приведены конструктивные и функциональные особенности современного газобаллонного автомобиля для работы на сжиженном природном газе (СПГ). Приведены параметры технической, социально-экономической и экологической эффективности газобаллонного автомобиля при работе на СПГ.

Ключевые слова: *сжиженный природный газ, газовая система питания, двухступенчатый редуктор, система управления, функциональные датчики и исполнительные устройства, система рециркуляции ОГ, эффективность системы питания СПГ.*

The structural and functional features of modern gas-cylinder vehicle to run on liquefied natural gas (LNG). Given the parameters of the technical, socio-economic and environmental performance of LPG vehicle when operating on CNG.

Keywords: *liquefied natural gas, gas supply system, two-stage reducer, control system, functional sensors and actuators, EXHAUST gas recirculation, efficiency of the power supply system of LNG.*

Обеспечение автомобильного транспорта эффективными и стабильными энергоносителями представляет собой одну из важнейших задач национальной экономики. Энергетическая безопасность страны остается приоритетной задачей, обеспечивающей энергетические потребности, включая социально-экономические и политические, национальной экономики.

Во многих странах разработаны и реализуются национальные программы применения альтернативных видов топлива (АВТ). Ведущее место занимает сжиженный природный (СПГ) и компримированный природный газ (КПГ). Широкое применение газового топлива сдерживается недостаточностью совершенных конструкций газовой аппаратуры и средств заправки автомобилей СПГ и КПГ.

Отечественной практикой накоплен достаточный опыт создания и эксплуатации ГБА для работы на СПГ [1, 8].

ПАО "КАМАЗ" разработал модельный ряд грузовых автомобилей, спецтехники и автобусов нового поколения для работы на СПГ. Разработанные наземные транспортные средства (НТС) удовлетворяют современным топливно-энергетическим и экологическим требованиям [2].

Значительная часть НТС оснащена базовым двигателем КАМАЗ-820.60-260 (8 VЧН 12/13), предназначенным для установки на шасси самосвалов, седельных тягачей и спецтехники. Двигатель КАМАЗ-820.61-260 (8 VЧН 12/13) предназначен для установки на автобусные шасси НЕФАЗ-5339 [3, 4].

Эффективность НТС на стадии жизненного цикла предопределяется рациональным выбором энергоносителя. Физико-химические и моторные свойства СПГ приведены в табл. 1.

СПГ представляет собой криогенную жидкость, являющуюся смесью углеводородов ряда $C_1...C_{10}$ и азота с преобладающей долей метана (0,85...0,99). СПГ получают из ПГ методом охлаждения его до криогенных температур: −160...−82 °С.

При переводе СПГ в газообразное состояние (газификации) его свойства соответствуют свойствам природного газа по ГОСТ 5542—87.

Плотность СПГ зависит от давления и компонентного его состава и может находиться в диапазоне 370...430 кг/м^3, среднее значение плотности составляет 390 кг/м^3.

Пожаро- и взрывоопасная концентрация газифицированного СПГ в воздухе при 0 °С и 0,1013 МПа составляет от 5 до 15 % (по метану). Концентрационные пределы воспламенения определяются в соответствии с ГОСТ 12.1.044—89.

Минимальная температура воспламенения смеси воздуха с газифицированным СПГ в зави-

gz817.indd 35 27.07.2017 9:54:20

Таблица 1

Физико-химические и моторные свойства СПГ

№ п/п	Физические и моторные характеристики СПГ
1	Температура кипения 161,7 °С при 101,3 кПа
2	Плотность СПГ = 420 кг/м^3 при 101,3 кПа
3	Низшая теплота сгорания 35,2 МДж/кг при 0 °С и 101,3 кПа
4	Минимальная температура воспламенения газовоздушной смеси 557 °С (830 К)
5	Пределы воспламенения при газификации 4—16 % об.
6	Сжиженный объем ПГ уменьшается в 600 раз
7	Средние показатели 04—105...106 ед.
8	Содержание метана 98 % об.
9	Максимально допустимое содержание примесей, % об.: оксид углерода 0,01; сероводород 0,0005; вода 0,0001

симости от его состава составляет 450...600 °С. По основным характеристикам СПГ представляет собой топливо с гарантированными энергетическими параметрами.

Объем метана в сжиженном состоянии уменьшается в 600 раз, что является одним из его основных преимуществ. При давлении, близком к атмосферному, из одного объема СПГ образуется около шестисот объемов ПГ. В жидком компактном виде СПГ заправляют в криогенный бак и устанавливают на НТС.

Теплотворная способность КПГ составляет 48,39 МДж/кг, а плотность ПГ при нормальных условиях равна 0,676 кг/м^3. Плотность дизельного топлива составляет 0,83 г/м^3, а теплотворная способность — 42,4 МДж/кг.

Производство СПГ предусматривает удаление из ПГ газа нежелательных примесей, а затем ПГ подвергается сжижению и охлаждению до криогенных температур. Кривая кипения (конденсации) метана приведена на рис. 1.

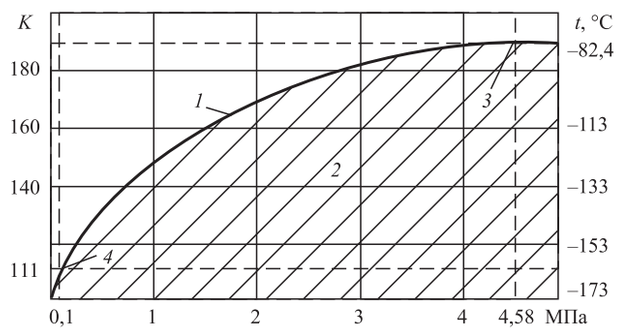


Рис. 1. Кривая кипения (конденсации) метана:

1 — газообразное состояние; *2* — жидкая фаза; *3* — критическая точка СПГ; *4* — точка кипения СПГ

В области температур и давлений, лежащей правее и ниже кривой *1,* метан находится в жидком состоянии. Границы в этой области определяют диапазон возможных условий получения и хранения жидкого метана в баллоне. При температуре 111 К величина избыточного давления КПГ составляет 0,1 МПа. При достижении критической температуры, равной 191 К, величина давления КПГ в дальнейшем остается неизменной. Температура кипения СПГ при атмосферном давлении составляет −162 °С. Критические параметры СПГ соответствуют температуре −82,4 °С и давлении 4,58 МПа.

Современные технологии получения СПГ основаны на понижении температуры ПГ в процессе его дросселирования и не требуют потребления значительной электроэнергии. Отечественные установки позволяют получить 400 кг/ч СПГ. Установки СПГ могут быть интегрированы в технологическую цепь современных АГНКС, что исключает значительные потери газа.

Принципиальная схема система питания и управления газовым двигателем с принудительным воспламенением 8 VЧН (12/13) для работы на СПГ приведена на рис. 2.

Газобаллонная установка НТС семейства КАМАЗ содержит газовый баллон, размещенный в защитном кожухе на раме автомобиля, заправочное устройство *38*, магистральный трубопровод с регулятором *33* высокого давления, газовый ресивер *24* с фильтром *25* высокого давления,

gz817.indd 36 27.07.2017 9:54:20

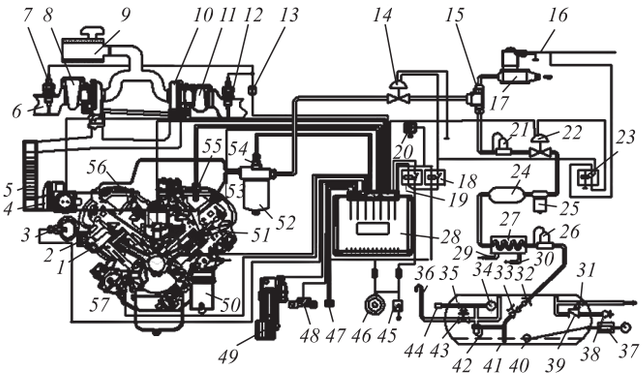


Рис. 2. Система питания и управления газового двигателя семейства КАМАЗ:

1 — выпускной канал; *2* — впускной канал; *3* — датчик температуры охлаждающей жидкости; *4* — блок дроссельной заслонки; *5* — охладитель воздуха наддува (ОНВ); *6* — впускной трубопровод; *7*, *12* — датчик температуры ОГ; *8*, *11* — турбина; *9* — воздухоочиститель; *10* — компрессор ТРК; *13* — электрический разъем; *14* — автоматический клапан; *15* — тройник; *16* — сигнальный провод ЭМК; *17* — ЭМК подогревателя; *18* — топливное реле XS12; *19* — главное реле XS11; *20* — выключатель ЭМК; *21* — газовый редуктор; *22* — автоматический клапан; *23* — реле топливное системы пуска; *24* — газовый ресивер КПГ; *25* — газовый фильтр; *26* — регулятор избыточного давления; *27* — испаритель СПГ; *28* — ЭБУ; *29* — штуцер подачи ОЖ; *30* — штуцер отвода ОЖ; *31* — первый предохранительный клапан; *32* — скоростной клапан (контроля перерасхода); *33* — регулятор давления; *34* — датчик давления топливного бака; *35* — второй предохранительный клапан; *36* — дренажное соединение; *37* — электронный манометр; *38* — заправочное устройство; *39* — выключатель питания АКБ; *40* — поплавок; *41* — баллон СПГ; *42* — регулятор давления; *43* — парозаправочный клапан; *44* — штуцер; *45* — выключатель питания АКБ; *46* — замок зажигания; *47* — лампа диагностики; *48* — колодка диагностики *49* — электронная педаль; *50* — масляный фильтр; *51* — свеча зажигания; *52* — газовый фильтр; *53* — газовая форсунка; *54* — датчик температуры и давления газа; *55* — датчик температуры и давления воздуха; *56* — датчик фазы; *57* — датчик частоты вращения КВ (синхронизации)

газовым редуктор *21*, сообщенный через тройник *15* автоматический клапан *4* с газовым фильтром *52* и функциональные элементы дозирования газа.

Газовый баллон состоит из внутреннего и наружного сосудов. Объем, заключенный между сосудами, вакуумируют. В зависимости от типа теплоизолирующих материалов криогенные баллоны различают с низким ($1{,}33 \cdot 10^2$) и высоким ($1{,}33 \cdot 10^3$) вакуумированием. СПГ хранится под давлением 0,65 МПа в вакуумном изолированном резервуаре при температуре не выше −130 °С.

Естественная испаряемость газа из баллона вследствие постоянного притока теплоты извне не должна превышать 4 % в сутки. Комплект оборудования СПГ включает систему внутреннего или внешнего наддува баллона, испаритель жидкого метана в газовой системе, получающий теплоту ОГ или окружающей среды.

Уровень заполнения баллона, равный 90 %, контролируют визуально по электронному манометру *37*, расположенным в кабине или на криогенном баллоне. Выход газа из баллона в систему питания осуществляется с помощью регулятора давления *33*, скоростного клапана *32* и регулятора избыточного давления *26*, обеспечивающего безопасную подачу СПГ в испаритель *27*.

Автоматический клапан *22* высокого давления обеспечивает безопасную подачу газа к первой ступени РВД *21*, обеспечивающей переход высокого давления газа к низкому.

Газовый редуктор *21* снижает давление в редукторе до 0,8 МПа для подачи в систему двигателя. Для компенсации охлаждающего эффекта расширяющегося газа регулятор получает тепловую энергию от охлаждающей жидкости двигателя.

Фильтр *25* грубой очистки газа позволяет удалять влагу и компрессорное масло из КПГ. Предохранительный клапан, установленный на газовом редукторе, позволяет стравливать давление газа на случай замены фильтра. Соединения трубопроводов выполнены с помощью обжимных соединений с двойным обжимным кольцом.

Газовый двигатель 8 VЧН (12/13) содержит систему подачи воздуха, газового топлива, устройство рециркуляции ОГ и электронную систему управления. Система подачи воздуха наддува содержит воздушный фильтр *9*, ВТ с размещенным в нем нагнетательными компрессорами *10* ТРК. Датчик давления и температуры воздуха наддува обеспечивают измерение давления и температуры во впускном трубопроводе.

Блок *4* дроссельной заслонки модели "SiemensETC5" объединяет в одном корпусе дроссельную заслонку, шаговый электродвигатель, редуктор привода заслонки и датчики положения заслонки, связанными электрической цепью с электронным блоком управления (ЭБУ) *28* двигателя. Блок *4* ДЗ сообщен с охладителем *5* воздуха наддува (ОНВ). При отключении электрического питания ДЗ устанавливается в положение, составляющее около 3 % полного закрытия.

Электронная педаль *49* снабжена двумя датчиками положения, связанными электрической цепью с ЭБУ *28*.

Система управления двигателем содержит ЭБУ *28*, функциональные датчики и исполнительные устройства, связанные электрическими цепями с ЭБУ *28*.

Электронный блок управления *28* обеспечивает сбор информации функциональных датчиков и исполнительных устройств для правильного рас-

gz817.indd 37 27.07.2017 9:54:21

чета алгоритмов управления подачей требуемого количества газа и искрового разряда газового двигателя.

Электромагнитные форсунки расположены во впускных каналах блока цилиндров. В режиме работы на газе они получают управление от ЭБУ *28* двигателя при помощи сигнала с широтно-импульсной модуляцией. Технические характеристика форсунки: время реакции 1,7 мс, рабочая температура −40...120 °С и максимальное рабочее давление 0,3 МПа. Продолжительность срока службы ЭМФ составляет 300 млн циклов. Информация датчиков поступает в ЭБУ и преобразуется в управляющие сигналы для воздушной заслонки, газовых форсунок и катушек искровой системы зажигания. ЭБУ *28* включается главное реле *19* при включении замка зажигания. При включении реле подается напряжение на цепи питания ЭБУ, функциональные датчики и часть исполнительных устройств. Выключение реле обеспечивает ЭБУ *28* после выключения замка зажигания *46* с задержкой 10...20 с.

Топливное реле *18* включается ЭБУ *28* при появлении сигнала датчика *57* частоты вращения КВ. Через реле подается питание на обмотки отсечных ЭМК. Реле быстро отключается после остановки двигателя, даже если замок зажигания остался во включенном положении.

Лампа диагностики *47* предназначена для информирования об обнаруженных ЭБУ неисправностях и расположена на панели приборов. При включении зажигания лампа *47* загорается на короткое время и гаснет.

Датчик *57* частоты вращения КВ (синхронизации) обеспечивает согласование работы ЭМФ с фазами открытия и закрытия впускных клапанов. При вращении диска изменяется магнитный поток в магнитопроводе датчика и наводятся импульсы переменного тока. В его обмотке два пропущенных зуба на диске служат для определения ВМТ первого цилиндра. Расстояние от торца датчика до зубчатого венца составляет 0,5—1 мм. Сигнал датчика *57* используется для определения частоты вращения КВ и положения в ВМТ первого цилиндра. При выходе из строя датчика или неисправности его цепей работа двигателя невозможна.

Датчик фазы *56* обеспечивает согласование работы форсунок и катушек зажигания с фазами открытия и закрытия впускных клапанов. Датчик установлен на верхней части картера маховика. Датчик работает на эффекте Холла. При неправильной установке датчика фазы двигатель может не пуститься, так как нарушается порядок искрообразования в цилиндрах. При отсутствии сигнала датчика ЭБУ *33* переходит в режим нефазированного впрыска газа.

Датчики температуры ОГ *7* и *12* размещены в приемных патрубках выпускного трубопровода вблизи корпусов турбин. В качестве датчиков используют термопары.

Датчик *3* температуры ОЖ корректирует продолжительность открытого состояния газовых форсунок. По результатам показаний датчика *3* температуры ОЖ ЭБУ проводит расчет положения ДЗ и необходимой топливоподачи при пуске двигателя, расчет заданных оборотов холостого хода (обороты увеличиваются для холодного двигателя и снижаются до 800 мин$^{-1}$ при прогреве), а также проводится обогащение топливной смеси для холодного двигателя.

На основании показаний датчика температуры и давления воздуха корректируется время открытого состояния газовых форсунок для поддержания необходимого состава газовоздушной смеси при изменении внешних условий.

Педальный модуль *40* включает в себя два независимых датчика положения педали, работающих параллельно и повышающих надежность системы. Датчик положения педали встроен в корпус педального модуля.

На основании показаний датчика ЭБУ *28* производит расчет заданного положения ДЗ, а также обеспечивает переход в режимы поддержания заданной частоты вращения КВ на режимах холостого хода и торможения двигателем.

Свечи зажигания *51* обеспечивают воспламенение горючей смеси в цилиндрах двигателя. Двигатель комплектуется свечами зажигания BRISK SILVER LR14YS (LR15YS). Зазор между электродами свечи составляет 0,3—0,4 мм.

Электронная система управления содержит ЭБУ *28*, связанный электрической цепью с функциональными электрическими датчиками и исполнительными элементами, диагностическую лампу, кислородный датчик, газовый клапан, клапан измерения давления воздуха и клапан-дозатор холостого хода.

Электромагнитные газовые форсунки *53* по сигналам ЭБУ *28* открывают каналы выхода газа во ВТ. Объем дозируемого газа определяется величиной длительности импульса и величиной давления газа в газовой распределительной магистрали.

Система управления содержит карту впрыскивания и зажигания. Трехмерная таблица, храня-

gz817.indd 38 27.07.2017 9:54:21

щая память ЭБУ, содержит оптимальные значения длительности впрыскивания топлива в зависимости от скорости и нагрузки двигателя. Получив сигналы от соответствующих датчиков, ЭБУ обращается к этой таблице, из которой выбирается требуемое значение длительности впрыскивания газа, соответствующее текущим условиям работы двигателя. На режиме холостого хода ЭБУ переводит двигатель на специальную карту системы холостого хода (ХХ).

Управление процессом впрыскивания по типу обратной замкнутой связи протекает в соответствии с программой, хранящейся в памяти ЭБУ. Основными его параметрами являются частота вращения КВ двигателя и нагрузка, на которые водитель оказывает непосредственное влияние посредством педали газа. Контролируемые параметры также включают температуру воздуха, топлива, охлаждающей жидкости и давление турбокомпрессора [7].

При пуске двигателя газовая форсунка *52* работает в синхронном режиме, длительность импульса определяется ЭБУ в зависимости от температуры двигателя. В этом режиме ЭБУ использует информацию от датчика температуры (для определения длительности импульса) и датчика положения КВ (для определения частоты импульсов и их синхронизации с работой цилиндров).

В рабочем режиме ЭБУ *33* через электрические цепи связан с внешними параметрами и функциональными датчиками. ЭМК по сигналам ЭБУ *33* открывает каналы выхода газа к газовой форсунке *53*. В зависимости от частоты вращения КВ и давления во ВТ рассчитывается продолжительность открытия газовой форсунки *53*. После достижения частоты вращения КВ свыше 400 мин$^{-1}$ ЭБУ переходит в рабочий диапазон управления. Первоначально ЭБУ рассчитывает продолжительность открытого состояния (длительность импульса), используя сигналы датчика температуры, датчика двигателя и датчика давления во ВТ.

Изменение длительности управляющего импульса обусловлено изменением нагрузки двигателя и давления газа во ВТ. Через определенное время (при достижении двигателем заданной температуры) ЭБУ начинает принимать сигнал от датчика кислорода, расположенного в системе выпуска ОГ.

Компьютерная система выберет необходимый режим работы двигателя для его прогрева и затем устанавливает обороты ХХ. Система диагностики во время движения контролирует все детали и устройства, влияющие на состав ОГ. Эта система сохраняет ошибки, связанные с составом ОГ, и отображает их при помощи контрольной лампы (MIL).

Газовая форсунка *53* обеспечивает впрыскивание заданного количества газа во впускной канал головки цилиндра в область впускного клапана. Отсутствие напряжения на обмотке характеризует закрытое состояние дозатора. Сопротивление обмотки дозатора 11 ± 0,5 Ом. Оба контакта обмотки дозатора изолированы от его корпуса.

В каждый цилиндр двигателя индивидуально в строго определенной пропорции (в зависимости от нагрузки, состояния двигателя и окружающей среды) и в определенное время на свечу подается искровой разряд определенной длительности и мощности.

Принципиальная расчетная схема газового баллона для хранения СПГ приведена на рис. 3.

Криогенный баллон имеет два металлических сосуда — внутренний для хранения СПГ и наружный (кожух), между которыми размещается изоляция. Объем, заключенный между наружным и внутренним сосудами, вакуумируют в зависимости от типа изоляционных материалов.

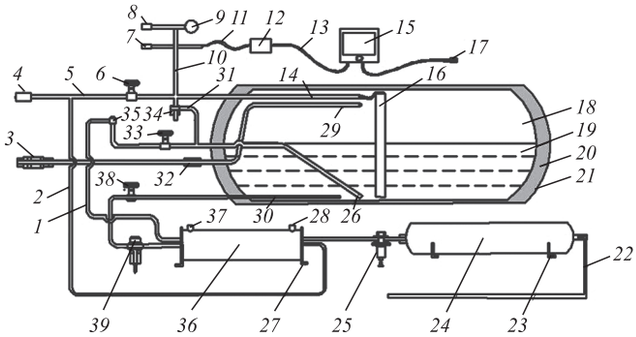


Рис. 3. Принципиальная схема газового баллона для хранения СПГ:

1 — трубопровод подачи жидкой фазы СПГ; *2* — трубопровод подачи паровой фазы; *3* — заправочное устройство СПГ; *4* — штуцер паровой фазы; *5* — трубопровод; *6* — вентиль газосброса; *7* — второй предохранительный клапан; *8* — первый предохранительный клапан; *9* — манометр; *10* — трубопровод; *11* —электрическая цепь; *12* — электрический разъем; *13* — электрическая цепь; *14* — трубопровод; *15* — преобразователь указателя уровня жидкости; *16* — разделительная перегородка; *17* — электрический разъем; *18* — паровая фаза; *19* — жидкая фаза; *20* — вакуумное пространство; *21* — наружная стенка; *22* — трубопровод; *23* — кронштейн крепления баллона; *24* — ресивер; *25* — клапан поддержания давления; *26* — заборная трубка; *27* — кронштейн крепления; *28* — выходной штуцер ОЖ; *29* — трубопровод; *30—31* — трубопровод; *32* — обводной клапан; *33* — ручной рабочий вентиль; *34* — регулятор давления; *35* — обводной клапан; *36* — испаритель; *37* — входной штуцер подачи ОЖ; *38* — регулирующий ручной вентиль; *39* — регулятор давления

gz817.indd 39 27.07.2017 9:54:21

По степени вакуума различают автомобильные сосуды низкого и высокого вакуума.

Минимальный объем парового пространства составляет 10 % емкости резервуара.

Внутренний сосуд для сжиженного метана иэготавливают из алюминия, титана или хладостойкой коррозионно-стойкой стали. При изготовлении внутреннего сосуда из титана упрощается задача поддержания необходимого вакуума в теплоизолирующем пространстве, так как титан обладает свойством к адсорбции газа из вакуумного объема. Для уменьшения притока теплоты внутренний сосуд закрепляют на цапфах или растяжках из стеклопластика. Наружный сосуд изготовляют из алюминия или углеродистой стали.

Теплота из окружающей среды, вызывающая подогрев и испарение жидкости, передается благодаря теплопроводимости изоляции и тепловых мостов, теплового излучения.

При транспортировании СПГ его объем вследствие толчков, торможения и прочих механических воздействий на резервуар начинает колебаться, и на его поверхности образуются волны. Наличие теплопритока из окружающей среды и вынужденных колебаний жидкости приводит к ее интенсивному испарению. Для исключения этого явления в емкости применяют вертикальную перегородку *16*, сглаживающую колебания нижней несущей части рамы или подрамника.

Основными типами теплоизоляции в автомобильной криогенной технике являются теплоизоляции — экранно-вакуумная (ЭВТИ), вауумно-порошковая (ВПИ) и на базе вспененного пенополиуретана (ППУ). В зависимости от типа теплоизолирующего материала (экранно-вакуумная, порошково-вакуумная или пенная изоляция) автомобильные баллоны различают с низким ($1{,}33 \cdot 10^2$) и высоким ($1{,}33 \cdot 10^3$) вакуумированием. Естественная испаряемость газа из баллона вследствие постоянного притока теплоты извне не должна превышать 4 % в сутки.

При порошковой теплоизоляции и теплоизоляции из вспененных материалов допускается применение в баллонах низкого вакуума, а при экранной изоляции — высокого. В качестве порошковой изоляции применяют смесь, состоящую из 50 % аэрогеля и 50 % перлита.

При использовании экранно-вакуумной изоляции на автомобильных баллонах потери на испарение составляют около 3 % в сутки. При порошковой изоляции тепловые потери возрастают до 4 % и более. Баллоны с теплоизоляцией из вспененных материалов, обеспечивающие потери на испарение 5...6 % и более, используют в качестве автомобильных баллонов лишь с суточным расходом запаса топлива для городских автобусов. Срок службы криогенного баллона составляет не менее 15 лет.

Теплота в изоляционных материалах переносится газом, заполняющим пустоты между частицами материала. Перенос тепла в вакуумно-порошковой изоляции осуществляется теплопроводностью газа, порошка и излучением. Первым признаком утечки СПГ является обмерзание места утечки и конденсация влаги в воздухе, создающая видимый туман.

Тепловое излучение является преобладающим при переносе тепла через вакуумно-порошковую изоляцию. Повышение эффективности изоляции может быть достигнуто экранированием теплового излучения в вакуумированных порошках.

В штатном режиме работы давление паровой фазы поддерживают при помощи экономайзера, обеспечивающего подачу газа из резервуара как сжиженной, так и паровой фазы при давлении 0,72 МПа. При давлении ниже 0,72 МПа используют только СПГ. При этом сохраняется давление в резервуаре, достаточное для подачи топлива. Как только давление паров превысит 1,6 МПа, часть паров топлива удаляется в атмосферу через первичный предохранительный клапан и вентиляционную трубку.

СПГ и его пары выходят из резервуара через клапан, ограничивающий расход, и протекают через испаритель, который использует тепло от охлаждающей жидкости двигателя для испарения СПГ. Из испарителя газ проходит через блокирующий клапан. Затем давление газа снижается при помощи регулятора давления (0,8 МПа) и подается к отсечному клапану по трубопроводу из нержавеющей стали.

Использование СПГ сопровождается необходимостью его перевода из сжиженного в газообразное состояние для дальнейшей подачи в двигатель. По мере поступления СПГ в испаритель теплота от охлаждающей жидкости превращает его в пар и нагревает СПГ до заданных параметров.

Вентиляционный трубопровод обеспечивает удаление газа с помощью предохранительного клапана (давление 1,6 МПа) или вентиляционного клапана с ручным управлением, если в баллоне СПГ не предусмотрено улавливание отходящих газов. Водоотделитель служит для удаления дождевой воды, попадающей через отверстие вентиляционной трубки.

gz817.indd 40 27.07.2017 9:54:21

Топливопровод, проходящий от баллона к электромагнитному клапану, защищен от повреждения с помощью перепускного клапана, настроенного на давление 2,4 МПа. Данный клапан стравливает давление, возникающее в топливопроводе в результате испарения сжиженного газа, когда перекрыты оба клапана — ручной отсечной и электромагнитный. Для охлаждения СПГ до температуры ОС он проходит два круга нагрева.

Первый круг нагрева СПГ предусматривает отбор жидкой фазы заборной трубкой *26* со дна криогенного бака. Прохождение газа самотеком в испаритель *36*, в котором газ взаимодействует с охлаждающей жидкостью, приводит к его расширению. Газ поступает обратно по трубопроводу *10* в криогенный бак, создавая давление внутри баллона.

Во втором круге охлаждения СПГ уже из газовой подушки газ повторно по трубопроводу *14* самотеком идет в теплообменник *36*, в котором подогревается до температуры ОС и поступает в ресивер *24* — место демпферного накопления сжатого природного газа. Из ресивера газ так же самотеком под давлением поступает в редуктор, который понижает давление до 0,8 МПа, необходимых для впрыска в цилиндры.

Если СПГ не одорирован, то специальная индикаторная система определения утечек должна быть установлена в отсеке с баком. Она должна быть оснащена звуковым сигнализатором, срабатывающим при концентрации газа не более 20 % нижнего предела воспламеняемости. Срок хранения сжиженного газа в топливном баке должен составлять не менее 72 ч.

В Российской Федерации современными разработками криогенных бортовых топливных систем на СПГ занимается ОАО "НПО "Гелиймаш" (ранее разработками занимались компании ООО "НПФ "ЭКИП", ОАО "Криогенмаш").

Принципиальная схема испарителя СПГ представляет теплообменный аппарат (рис. 4), содержащий корпус *6* с характерными функциональными полостями I, II и III, входной трубопровод *1* подачи газа с ребрами *4* и входной трубопровод *17* ОЖ.

Трубопровод *1* подачи СПГ имеет входной *3*, испарительный *5* и выходной *7* участки. Трубопровод *17* подачи подогревающей ОЖ содержит входной *15*, испарительный *14* и выходной *12* участки. В испарителе СПГ подогревается теплотой системы охлаждения двигателя в межтрубном пространстве.

Испаритель содержит витые медные оребренные трубопроводы для подачи СПГ и охлаждающей жидкости двигателя.

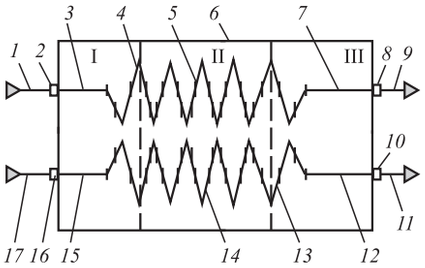


Рис. 4. Принципиальная схема теплообменника СПГ:

I, II, III — функциональные полости; *1* — трубопровод подачи СПГ; *2* — входной штуцер; *3* — входной участок газового трубопровода; *4* — ребра; *5* — испарительный участок; *6* — корпус; *7* — выходной участок газового трубопровода; *8* — выходной штуцер; *9* — выходной трубопровод ПГ; *10* — выходной штуцер ОЖ; *11* — выходной трубопровод ОЖ; *12* — выходной участок ОЖ; *13* — ребра; *14* — испарительный участок ОЖ; *15* — входной участок ОЖ; *16* — входной штуцер ОЖ; *17* — входной трубопровод ОЖ

СПГ нагревается до температуры кипения (полость I), кипит (полость II), далее пары нагреваются до заданной температуры выходящего из испарителя природного газа (полость III).

Направление потока охлаждающего компонента должно совпадать с направлением потока СПГ. Испаритель может быть установлен горизонтально или вертикально.

Газобаллонный автомобиль оснащен встроенной диагностической системой (OBD), позволяющей контролировать параметры токсичности ОГ.

Требования экологического стандарта OBD-II и EOBD предполагают приоритетное определение неисправностей системы РЦ, отказ которой неизбежно приводит к повышению выброса ВВ и прежде всего оксидов азота.

Большинство производителей выбрали для достижения нормативов Евро 5 технологию РЦ. Рециркуляция ОГ обеспечивает увеличение наполнения цилиндров при остающемся постоянном количестве подаваемого свежего воздуха. Присутствие ОГ в процессе сгорания приводит к снижению локальных и средних температур цикла, способствующих образованию NO_x [5, 6].

Определяющим параметром системы РЦ является коэффициент рециркуляции:

$$K_{\text{рц}} = \left[\frac{C_{CO_2}^{\text{ВТ}} - C_{CO_2}^{\text{ОС}}}{C_{CO_2}^{\text{ОГ}}}\right] 100\ \%,$$

где $C_{CO_2}^{\text{ВТ}}$, $C_{CO_2}^{\text{ОС}}$ и $C_{CO_2}^{\text{ОГ}}$ — концентрации CO_2 соответственно во ВТ, окружающей среде и ОГ.

Коэффициент рециркуляции ($K_{\text{рц}}$) представляется в процентах относительно ОГ $G_{\text{ог}}$. Большие значения $K_{\text{рц}}$ соответствуют высокой частоте

gz817.indd 41 27.07.2017 9:54:21

вращения КВ. Степень РЦ ОГ регулируют путем изменения положения дроссельных заслонок по величине воздуха наддува. Сопло Вентури обеспечивает равномерное смешивание ОГ и воздухом наддува.

Охлаждение ОГ в испарителе осуществляется путем подачи ОЖ из внутреннего контура двигателя. Оптимальная температура ОЖ составляет 75—80 °С. Оптимальная величина ОГ в системе РЦ составляет 150 °С. Отвод теплоты от ОГ составляет 265 МДж/ч. Расчетное количеств ОЖ для обеспечения перепада 10 °С составляет 6 $м^3$/ч. Перспективное решение системы РЦ обусловлено наличием сопла *12* Вентури после ТРК и наличием ОНВ.

Скорость сгорания газового топлива и температура ОГ на 10 % меньше по сравнению с базовым топливом. Подобная особенность сопровождается снижением ударных нагрузок на поршневую группу, коленчатый вал двигателя и способствует ровной и более мягкой работе двигателя, сопровождающейся снижением шума на 7...8 дБ(А).

Содержащийся в составе ОГ диоксид азота способствует ускорению протекания предпламенных химических реакций, в результате которых сокращается период задержки воспламенения $\varphi_{\tau i}$. Сгорание протекает при меньшей скорости нарастания давления $(dp/d\varphi)_{max}$, в результате чего снижается содержание оксидов азота (NO) и углеводородов (C_mH_n).

Наиболее эффективна система РЦ при полностью открытой дроссельной заслонке РГ (максимальная степень РЦ). Для снижения выбросов NO_x до уровня Евро 5 необходимо повышать степень РЦ до 20 %. Снижение температуры ОГ на 1 °С способствует увеличению РЦ на 0,002—0,01 %.

РЦ замещает содержание кислорода в камере сгорания, что влияет на протекание процесса сгорания и снижение максимальной температуры во фронте пламени, сопровождающееся снижением эмиссии NO_x.

Снижение выбросов NO_x при использовании РЦ обусловлено повышением удельной теплоемкости заряда вследствие добавления диоксида углерода, паров воды, а также запаздывания начала сгорания и замедления его развития. Уменьшение кислорода в топливной смеси при РЦ приводит к снижению максимальной и среднецикловой температуры сгорания и смещению процесса сгорания на линию расширения.

Уменьшение температуры продуктов сгорания и выброса NO_x при использовании РЦ на 90 % связано с уменьшением содержания кислорода и только 10 % эффекта связывают с повышением удельной теплоемкости заряда.

Применение РЦ приводит к запаздыванию начала сгорания и замедлению его развития, что сопровождается снижением температуры сгорания рабочей смеси и сокращением периода, в течение которого максимальные температуры цикла остаются неизменными.

Основная масса NO_x образуется в первой половине процесса сгорания. Запаздывание процесса тепловыделения является основным фактором, вносящим вклад в образование NO_x. Наиболее эффективным методом снижения выбросов NO_x газовых двигателей является система РЦ ОГ и уменьшение угла опережения зажигания.

Перепуск ОГ снижает содержание кислорода в рабочей смеси. При этом снижается температура сгорания рабочей смеси в цилиндрах двигателя. Система РЦ включается только в определенный период сгорания после холостого хода вплоть до верхней границы оборотов, у дизелей — до 3 000 $мин^{-1}$ и средней нагрузке.

РЦ ОГ увеличивает общее наполнение цилиндров при остающемся постоянном количестве подаваемого свежего воздуха. РЦ повышает эффективность работы двигателя, снижает жесткую работу дизеля и детонацию в бензиновом двигателе. Система РЦ обеспечивает снижение оксидов азота.

Степень РЦ для улучшения экологических стандартов находится в диапазоне 0—20 %. Охлаждаемые РОГ газового топлива обеспечивают снижение оксидов азота во всем диапазоне скоростных и нагрузочных режимов.

Акустические параметры газового двигателя сведены к оценке внутреннего и внешнего шума. Испытания автомобилей для оценки внутреннего шума проводились в соответствии с методикой, приведенной в ГОСТ Р 51616.

Измерение шума системы вентиляции кабины проводилось на неподвижном автомобиле при работе двигателя на режиме холостого хода с минимальной частотой вращения КВ 800 $мин^{-1}$. Уровни шума при работе двигателя на режимах холостого хода измеряли на неподвижном автомобиле.

Уровень внутреннего шума автомобиля КАМАЗ-6520-38 составляет 78,0 дБА, что соответствует требованиям технического регламента о безопасности колесных транспортных средств.

Уровень внешнего шума автомобиля КАМАЗ-6520-38 составляет 82,0 дБА, что также

gz817.indd 42 27.07.2017 9:54:21

Таблица 2

Токсичность ОГ современных двигателей

Содержание г/(кВт·ч)	Евро 5	Газовый двигатель	Газо-дизель	Дизель с системой нейтрализации
CO	4,0	0,07	2,5	0,56
NMHC	1,1	0,29	—	—
C_mH_n	0,55	0,34	0,12	0,02
NO_x	2,0	1,8	0,25	1,9
PM (твердые частицы)	0,5	0	0,35	0,018

соответствует требованиям технического регламента о безопасности колесных транспортных средств.

Автомобили, работающие на КПГ, характеризуются низким содержанием диоксида углерода (CO_2) в ОГ, благодаря хорошему соотношению водорода и углерода (H/C), равному почти 4:1 (для бензина 2,3:1).

Оценка эффективности выбора ВВ 8VЧН (12/13) осуществлялась по 13-режимному циклу. Предельные значения содержания ВВ по ЕТС тестам (Правило № 49 ЕСЕ) и сравнительные результаты газовых двигателей приведены в табл. 2.

Оценка относительной эффективности использования АТВ на автотранспорте приведена в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что наиболее эффективными являются все виды газового топлива — компримированный природный газ, сжиженный углеводородный и сжиженный природный газ.

В соответствии с разработанными критериями наиболее эффективным АВТ является СПГ. Запасы энергии на производство топлива, пробег на одной заправке и стоимость единицы пробега позволяют СПГ занимать ведущее место среди АВТ.

При масштабном производстве СПГ удельные капиталовложения на производство ниже на 25...30 %, себестоимость производства — на 40 %, а суммарные приведенные затраты на производство—доставку—распределение для СПГ на 10...30 % ниже, чем на аналогичные системы для КПГ.

Проанализировав данные, можно сделать вывод, что автомобили, работающие на природном газе, в 2 раза экологичней автомобилей, работающих на дизельном топливе. Для нейтрализации ОГ дизеля КАМАЗ применили технологию SCR (SelektiveCatalyticReduction), включающую компоненты системы Denox.

Разработана система топливоподачи СПГ, отвечающая современным уровням токсичности. Наиболее эффективным является СПГ, удовлетворяющий требованиям современных экологические норм.

Таблица3

Эффективность использования АТВ на автотранспорте

Моторное топливо	Затраты энергии на производство топлива	Пробег на одной заправке	Стоимость единицы пробега
Нефтяной бензин	1	1	1
Синтетический бензин из синтез-газа	1,6	1	1,2
Метанол	1,6	0,5	1,5
Этанол	1,7	0,5	1,8
Сжиженные углеводородные газы (СУГ)	1,05	1,0	0,7—0,9
Компримированный природный газ (КПГ)	1,3—1,4	0,4—0,8	0,9—1,0
Сжиженный природный газ (СПГ)	1,1—1,25	0,6—0,8	0,85—1,1
Диметиловый эфир	1,5—2,0	—	—
Водород	3,0—4,0	—	—

Примечания:

в затратах энергии учтены добыча, расходы на транспорт и переработку первичного энергоносителя в моторное топливо.

стоимость единицы длины пробега определена применительно к 6-местному автомобилю с двигателем, конвертированным для работы на газовом топливе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Газобаллонные автомобили** / Е. Г. Григорьев, Б. Д. Колубаев, В. И. Ерохов. — М.: Машиностроение, 1989. — 216 с.
2. **Молибога А. Г., Хафизов Р. Х.** ОАО "КАМАЗ": решение проблем экологии больших городов России // Транспорт на альтернативном топливе. — 2010. — № 6 (18). — С. 19—21.
3. **Автомобили КАМАЗ** 65115, 65116 с газовым двигателем. 65115-39020001 РТ / Отв. ред. Д. Х. Валеев. — 2010, 79 с.
4. **URL:** www.kamaz.ruhttp://kamaz.ru/ru/vehicle/restyling/dumper/
5. **Газ горючий природный сжиженный**. Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия. ТУ 51.03.03—85.
6. **Ерохов В.** Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика): Учебник для вузов. — М.: Горячая линия—Телеком. — 2016. — 598 с.
7. **Чикишев Е. М., Анисимов И. А.** Влияние низких температур воздуха на энергетические и экологические параметры газобаллонных автомобилей // Транспорт на альтернативном топливе. — 2012. — № 6 (30).
8. **Иванов В. Н., Ерохов В. И.** Газовое топливо для автомобильных двигателей // Химия и технология топлив и масел. — 1981. — № 11.

gz817.indd 43 27.07.2017 9:54:21

УДК 629.3.018.2

Д. В. Зиновчук, аспирант, e-mail: bunnybar@mail.ru, **С. М. Мороз,** д-р техн. наук, e-mail: sm-moroz@mail.ru, МАДИ

СНИЖЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИЛ НА РОЛИКОВЫХ СТЕНДАХ СИЛОВОГО ТИПА

Статья посвящена актуальной проблеме погрешностей измерения тормозных сил АТС на роликовых стендах силового типа. Анализируется влияние эксплуатационных факторов на погрешности измерения тормозных сил. Основное внимание сосредоточено на влиянии порога проскальзывания и состояния поверхности шин на результаты измерения тормозных сил.

Ключевые слова: *роликовый тормозной стенд, погрешность измерения тормозных сил, порог проскальзывания.*

The article is devoted to the actual problem of errors in braking-force metering of automobiles on roller brake testers. The influence of operational factors on the error of braking-force metering is analyzed. The main attention is focused on the influence of the slippage threshold and the state of the tire surface on the results of braking-force metering.

Keywords: *roller brake tester, errors in braking-force metering, slip threshold.*

Во всем мире при оценке допустимости эксплуатации АТС и поиске неисправностей при ТО и ремонте (автосервисе) применяются преимущественно роликовые стенды силового типа. При этом непосредственно контролируются тормозные силы колес и нормальные реакции на колеса со стороны опорной поверхности, на основе которых рассчитывают оценочные эксплуатационные параметры удельной тормозной силы и относительной разности тормозных сил колес оси.

Нормативы оценочных параметров установлены техническим регламентом Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств", а методы их проверки — ГОСТ Р 51709—2001 [1, 2].

При измерениях тормозных сил имеет место методическая погрешность, складывающаяся из ряда составляющих, которые зависят от конструкции стенда, условий и режимов выполнения измерений и даже особенностей конструкции АТС (рис. 1).

Наиболее значимы из этих составляющих методической погрешности те, что нестабильны для разных стендов и режимов выполнения проверки и не минимизированы предписаниями действующей нормативной регламентации метода измерения тормозных сил на роликовых стендах.

Составляющие погрешности, связанные с конструкцией стенда и, в частности, с потерями в его приводе, а также с тарировкой системы измерения стенда являются наиболее изученными [3, 4]. Суммарный вклад этих составляющих методической погрешности не превышает 3 %. Именно это значение допустимой погрешности регламентируется ГОСТ Р 51709—2001 [2].

Погрешности, связанные со взаимодействием частей АТС и стенда при торможении (как крутильные колебания тормозящего колеса и колебания неподрессоренных частей АТС), невозможно устранить, можно лишь оценить их влияние и учесть их наличие при измерениях.

Похожая ситуация с составляющими методической погрешности, обусловленными влиянием на результаты измерения тормозных сил разброса параметров компонентов проверяемых АТС. К таким источникам погрешностей относятся биение тормозных дисков; диаметр, конструкция и жесткость шин; овальность тормозных барабанов и наличие шипов противоскольжения. Исключить их влияние на результаты измерения нельзя, но можно выявить их наличие и правильно интерпретировать полученные оценки тормозных сил и тем самым обеспечить достоверность проверок тормозных систем. Например, в случае выявления зна-

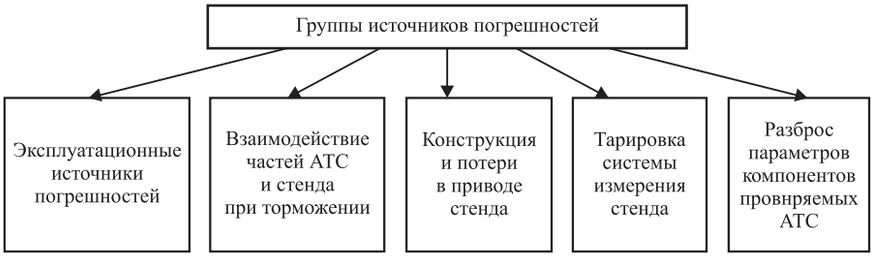


Рис. 1. Классификация источников погрешностей измерения тормозных сил на роликовых стендах

gz817.indd 44 27.07.2017 9:54:21

чительной овальности тормозных барабанов или биения тормозных дисков при техническом осмотре можно без дальнейших измерений оценивать техническое состояние АТС как неисправное. В случае наличия на шинах АТС шипов противоскольжения, проверку тормозной системы на роликовых стендах целесообразно не проводить, так как результаты будут недостоверными.

Составляющие методической погрешности, обусловленные эксплуатационными факторами, хуже остальных нейтрализуются предписаниями действующей нормативной регламентации метода измерения тормозных сил. Эксплуатационными источниками погрешностей измерений тормозных сил и массы АТС служат варьирование условий проверки, режимов функционирования АТС при проверке и условий регистрации параметров (рис. 2) [5, 6].

Под условиями выполнения проверки АТС будем понимать характеристики среды, места размещения и положения АТС на стенде (в производственном помещении, на рабочем посту, осмотровой канаве (эстакаде) или подъемнике), обязательности применения технологического оборудования, средств измерений и технического диагностирования.

Режим функционирования тормозной системы АТС при проверке — это совокупность показателей функционирования тормозной системы АТС, единообразно поддерживаемых при всех выполнениях диагностирования (контроля) технического состояния тормозной системы для обеспечения сопоставимости получаемых оценок.

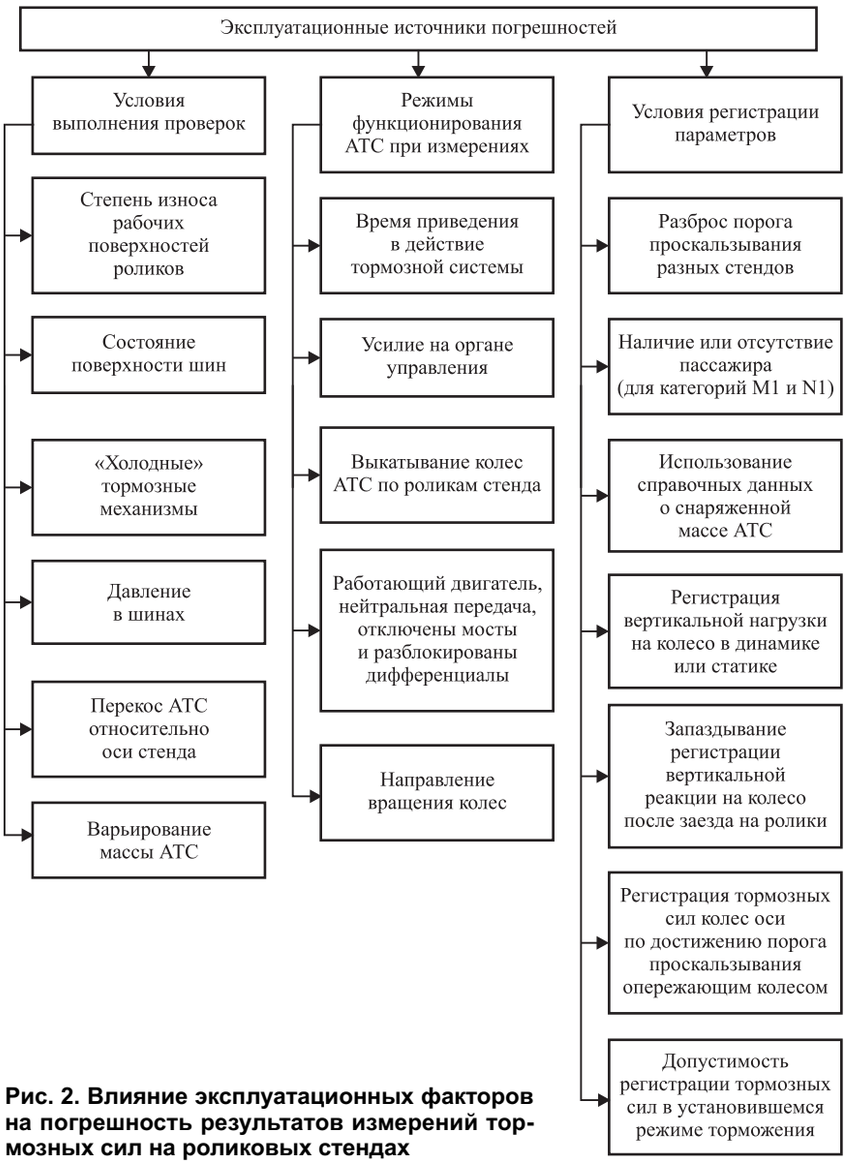


Рис. 2. Влияние эксплуатационных факторов на погрешность результатов измерений тормозных сил на роликовых стендах

По ряду условий измерения тормозных сил и массы АТС нормативные предписания остаются неполными или отсутствуют вовсе. Так, по ГОСТ Р 51709—2001 шины проверяемого АТС должны быть чистыми и сухими. Но очистка и сушка шин в осенне-зимний период требует больше времени, чем измерения на стенде, а расходы электроэнергии на сушку шин обдувочными вентиляторами настолько велики, что требование сухих шин при проверках часто не выполняется. При этом количественное влияние этого фактора на погрешность измерения тормозных сил недостаточно изучено.

Нерегламентированным остается значение порога проскальзывания роликовых стендов с системой автоматического отключения.

При достижении сравнительно высоких значений проскальзывания при торможениях нарастают явления выкрашивания шин на шероховатых рабочих поверхностях роликов в виде резиновой крошки и даже мелких стружек. Поэтому интервал рациональных значений для выбора порога проскальзывания снизу ограничен повышением методической погрешности измерения тормозной силы, а сверху — явлением срезания резиновых опилок с протектора шин. В связи с этим стенды разных изготовителей фиксируют тормозные силы чаще всего в диапазоне значений проскальзывания от 0,13 до 0,35.

В настоящее время каждый изготовитель стендов по своему усмотрению устанавливает из этого

gz817.indd 45 27.07.2017 9:54:21

диапазона порог проскальзывания колеса, при достижении которого измерительная система стенда автоматически фиксирует тормозную силу колеса и затем отключает привод стенда. Разброс выбираемых изготовителями значений порога проскальзывания приводит к заметным расхождениям результатов измерений тормозных сил на разных стендах. Это одна из наиболее существенных некомпенсируемых составляющих методической погрешности измерения тормозных сил.

Необходимо поэтому оценить погрешность измерения от варьирования порога проскальзывания. Для этого был проведен ряд экспериментов с целью оценки влияния состояния поверхности шин и значения порога проскальзывания на результаты измерения тормозных сил на роликовом тормозном стенде силового типа.

Обработка экспериментальных данных показала, что зависимость тормозной силы в первом приближении может аппроксимироваться возрастающей степенной функцией порога проскальзывания в интервале [0,12; 0,36] (рис. 3).

Для получения наибольших значений тормозных сил необходимо устанавливать большее значение порога проскальзывания, но тогда рабочая поверхность роликов будет быстро изнашиваться. Подверженность шин такому износу при выполнении проверок тормозных сил была оценена экспериментально по количеству срезаемых с шины резиновых опилок. Зависимость массы срезаемых резиновых опилок с шины АТС за период измерения тормозной силы от порога проскальзывания на интервале [0,2; 0,4] может аппроксимироваться линейной функцией (см. рис. 3).

В качестве еще одного критерия выбора нормативного значения порога проскальзывания использован расход электроэнергии приводом стенда, который интересен не только с экономической точки зрения, но и как показатель расходования ресурса стенда. Зависимость силы тока в обмотках привода стенда от порога проскальзывания характеризуется логистической функцией (рис. 3).

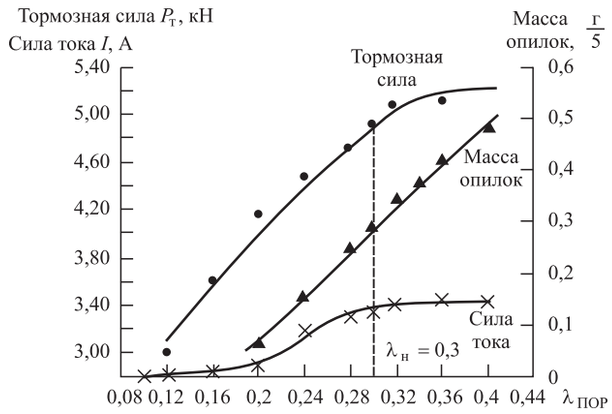


Рис. 3. Зависимость массы срезаемых резиновых опилок с шины колеса и тормозной силы АТС от порога проскальзывания

Наиболее значимым является критерий методической погрешности измерения тормозных сил. Экспериментальные данные показывают, что существенное изменение интенсивности увеличения тормозных сил происходит в интервале порога проскальзывания от 0,2 до 0,3, а нарастание силы тока происходит до уровня порога проскальзывания 0,28. При этом количество срезаемых опилок нарастает линейно в этом диапазоне порога проскальзывания. Поэтому выбирать порог проскальзывания ниже 0,3 нецелесообразно, так как будет иметь место значительная методическая погрешность измерения тормозных сил. Выбирая порог проскальзывания в интервале от 0,3 до 0,4, используем условие наименьшего количества срезаемых опилок, т. е. необходимо зафиксировать значение порога проскальзывания на уровне 0,3.

Экспериментальные данные значений тормозных сил полностью сухих шин в среднем на 15 % превышают значения, полученные на мокрых шинах. Столь большая погрешность аргументирует необходимость ужесточения регламентации требования о сухих шинах во время измерения тормозных сил на роликовых стендах.

Таким образом, порог проскальзывания должен устанавливаться единым с учетом методической погрешности оценки тормозной силы, износа протектора и расхода электроэнергии, определяющего ресурс стенда.

Погрешностями, вносимыми влажными шинами, пренебрегать нельзя. Если при проверке на влажных шинах получен неудовлетворительный результат, должна быть предусмотрена возможность повторения проверки на сухих шинах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Технический регламент** Таможенного союза (ТРТС 018/2011) "О безопасности колесных транспортных средств".
2. **ГОСТ Р 51709—2001**. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки.
3. **Доморозов А. Н.** Совершенствование методики измерения силовых параметров при диагностировании тормозных систем автомобилей на стендах с беговыми барабанами: Дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 . — Иркутск, 2009. — 182 с.
4. **Бойко А. В.** Совершенствование метода диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. — Иркутск, 2008. — 196 с.
5. **Зелик А. И.** Исследование и разработка методов и средств диагностики тормозных систем автомобилей: Дис. ... канд. техн. наук (05.22.11). Московский автомобильно-дорожный институт. — М., 1973. — 210 с.
6. **Гернер В. С.** Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов автомобилей: Дис. ... канд. техн. наук (05.22.10). Харьковский автомобильно-дорожный институт. — Харьков, 1970. — 228 с.

gz817.indd 46 27.07.2017 9:54:21

ПРЕСС-ТУР
ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

ЧЕТРА ТМ140 НА УРАЛЕ

Технологические парки нефтегазовых компаний Урала пополнились гусеничными вездеходами ЧЕТРА ТМ140. Поставку техники организовали официальные дилеры ЧЕТРА ООО "Комплектснаб" и ООО "Уралтехтранс".

Вездеход ЧЕТРА ТМ140 с крано-манипуляторной установкой Palfinger, модифицированный дилером "Комплектснаб" и поставленный "Уралтехтранс", отправился в Нижневартовское управление АО "Транснефть-Сибирь". Два вездехода ТМ140, поставленные "Комплектснаб", будут эксплуатироваться в ОАО "Славнефть-Мегионнефтегаз" для транспортировки бригад при ликвидации разливов нефти.

Выбор вездеходов ЧЕТРА ТМ140 для обслуживания нефтепроводов, проложенных в труднопроходимых районах, обусловлен эксплуатационными характеристиками техники и многолетним опытом работы в сложных условиях. Вездеход ЧЕТРА ТМ140 способен легко преодолевать водные преграды, а дорожный просвет в 450 мм и гусеницы шириной 800 мм обеспечивают машине высокую проходимость на местности со сложным рельефом. Вместе с тем запас хода нагруженного вездехода составляет 550 км (без дополнительных топливных баков), что позволяет ему проходить большие расстояния.

Помимо транспортировки людей, вездеходы ЧЕТРА могут стать платформой для установки специального технологического оборудования: крано-манипуляторной установки, телескопического подъемника, буровой установки, сварочного оборудования и т. д. Так, вездеход ЧЕТРА ТМ140 с подъемным устройством Palfinger предназначен не только для перевозки, но и для проведения строительно-монтажных, погрузо-разгрузочных и ремонтных работ в условиях бездорожья.

Между тем электрогидравлическая система делает вездеход удобным в управлении — оператор выбирает скорость, нажав соответствующую кнопку на системе управления трансмиссии. Вездеход ЧЕТРА ТМ140 также отличается безопасностью и надежностью благодаря усиленной конструкции кабины, дополнительной независимой системе тормозов и системе предпускового подогрева двигателя.

ФИНАНСИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Внешэкономбанк (ВЭБ) в рамках трехлетней возобновляемой кредитной линии открыл финансирование предприятиям гражданского дивизиона концерна "Тракторные заводы", в состав которого входят заводы-производители российской техники под брендом ЧЕТРА.

Оказываемая производственным предприятиям Концерна финансовая помощь позволит "ЧЕТРА-Промышленные машины" — специализированной торговой компании, входящей в структуру концерна "Тракторные заводы" и реализующей технику под брендом ЧЕТРА, — выдержать жесткую конкуренцию на рынке спецтехники, избежать дополнительно включаемых в цену затрат и вернуть существовавшее ранее ценовое позиционирование в сравнении с поставляемой в Россию импортной техникой.

Кредитные средства объемом 1,9 млрд руб. будут направлены на пополнение оборотных средств предприятий Концерна, выпускающих гражданскую продукцию, в том числе и технику под брендом ЧЕТРА. Это решение предусмотрено программой финансового оздоровления Концерна, утвержденной наблюдательным советом ВЭБ в декабре 2016 г. Основная цель программы — сохранение ключевых производственных активов предприятий военного и гражданского дивизионов концерна.

gz817.indd 47 27.07.2017 9:54:21

В декабре 2016 — феврале 2017 г. завершен этап погашения наиболее критической просроченной кредиторской задолженности, обеспечен доступ к использованию инструментов государственной поддержки флагманов гражданского сегмента Концерна. Для восстановления плановой операционной деятельности производства и контроля реорганизационных мероприятий команда управленцев была усилена представителями ВЭБ, имеющими большой опыт реализации производственных проектов и реструктуризационных процедур.

"Комплекс проводимых мер позволил сохранить производственные компетенции и кадровый потенциал, поэтапно увеличить объем производства техники под брендом ЧЕТРА и в ближайшей перспективе выйти на уровень производства докризисного периода, — комментирует Ирина Машенькина, исполнительный директор "ЧЕТРА-ПМ". — Особо стоит отметить, что нам также удалось сохранить квалифицированную и лояльную дилерскую сеть, обеспечивающую сопровождение техники под брендом ЧЕТРА в течение всего жизненного цикла практически во всех уголках нашей страны".

БУЛЬДОЗЕРЫ ОТПРАВЛЯЮТСЯ В "АМУРУГОЛЬ"

Два бульдозера ЧЕТРА Т20 пополнили технологический парк АО "Амурский уголь" — одного из основных угледобывающих предприятий компании АО "Русский Уголь". Поставку машин организовал официальный дилер "ЧЕТРА-Промышленные машины" — ООО "ГРАНД-Ресурс".

Техника будет задействована при добыче бурого угля на Ерковецком месторождении Амурской области. В технологическом парке АО "Амуруголь" давно успешно работает техника ЧЕТРА, в том числе и восемь бульдозеров ЧЕТРА Т20.

"ЧЕТРА Т20 — одна из надежных моделей класса свыше 30 т, о которых часто встречаешь положительные отзывы механиков, как о достойно выдержавших испытания и временем, и суровым климатом, — отмечает Сергей Демидов, директор центра продаж по ДФО. — Новые современные машины не менее надежны, а заложенные в удачной конструкционной компоновке узлов и агрегатов удобство обслуживания и ремонтопригодность облегчают эксплуатацию бульдозеров в наших краях".

Бульдозеры ЧЕТРА выбирают не только за их мощь и производительность, но и за простоту технического обслуживания, достигнутую благодаря модульной конструкции всех узлов и систем тракторов — трансмиссии, ходовой системы, рабочего оборудования, системы охлаждения, кабины и управления.

Конструкторы бульдозеров ЧЕТРА предусмотрели комфортные условия для работы оператора: кабины ЧЕТРА Т20 отличает эргономичный дизайн и большая обзорность. Гидроопоры обеспечивают низкий уровень вибрации в кабине, а двойной стеклопакет гарантирует минимальный уровень шума. Регулируемое сидение (с дополнительным подрессориванием) дополняет комфортное исполнение рабочего места.

Вместе с тем в стандартной комплектации ЧЕТРА Т20, как и любой другой бульдозер этой российской марки, подключаются к системе онлайн-мониторинга работающей техники, которая позволяет при наличии доступа в интернет в режиме реального времени следить за местонахождением каждой машины в техническом парке компании-потребителя, расходом топлива, состоянием аварийных датчиков, временем наработки и т. д. Информацию о состоянии техники собирает и передает бортовое навигационно-связное оборудование ГЛОНАСС/GPS, установленное на всей технике ЧЕТРА.

Пресс-служба компании ЧЕТРА

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Н. В. Яшина*
Сдано в набор 16.05.2017. Подписано в печать 06.07.2017. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**

gz817.indd 48 27.07.2017 9:54:21