Грузовик

9
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 *Козловский В. Н., Шакурский М. В., Петровский С. В.* Бортовой автомобильный комплекс контроля уровня электромагнитных помех от системы зажигания

Исследования. Расчет

7 *Устименко В. С., Сибиляев М. К., Гришина Т. Л., Титов Н. А.* Новая методика определения категории испытательных дорог

Транспортный комплекс

11 *Марков В. А., Зыков С. А., Бирюков В. В., Са Бовэнь.* Моделирование течения эмульгированного биотоплива в распылителе дизельной форсунки. Часть 2

19 *Янчевский В. А.* Нормативное обеспечение процесса использования шин на транспорте

Городской пассажирский наземный транспорт

25 *Кудряшов М. А., Шаталова А. В.* Анализ нормативно-правового регулирования перевозок отдельных групп населения автомобильным транспортом

Практика

31 *Комов А. Б., Комов П. Б.* Усовершенствование организации технической эксплуатации в условиях информатизации автомобильного транспорта

37 *Дьяков И. Ф.* Оптимальный выбор транспортного средства для перевозки грузов

Безопасность

46 *Столяров В. В., Щеголева Н. В., Кочетков А. В.* Вероятностный подход при определении ущерба при авариях на автомобильных дорогах

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

9
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: gruzovik@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 *Kozlovskiy V. N., Shakurskiy M. V., Petrovski S. V.* On-board automotive control complex levels of electromagnetic interference from the ignition system

Research. Calculation

7 *Ustimenko V.S., Sibiljaev M.K., Grishina T.L., Titov N.A.* New method of determining the category of test roads

Transportation complex

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

19 *Yanchenskiy V. A.* Normative Support of Tire Usage on the Transport

25 ### *Public passenger land transport*

Kudryashov M. A., Shatalova A. V. Analysis of standard and legal regulation of transportations of separate groups of the population by the motor transport

Practice

31 *Komov A. B., Komov P. B.* Improvement of the organization of technical operation in the context of informatization of road transport

37 *Dyakov I. F.* Optimal choice of a vehicle for freightage

Security

46 *Stolyarov V. V., Shchegoleva N. V., Kochetkov A. V.* Probabilistic approach to determining damages in case of accident on the road

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

УДК 629.113

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, **М. В. Шакурский,** канд. техн. наук,
С. В. Петровский, вед. инженер, СамГТУ
E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

БОРТОВОЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ОТ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

В работе проводится анализ проблемы диагностики превышения уровня электромагнитных помех автомобиля от системы зажигания и возможности реализации соответствующей электронной системы управления.

Ключевые слова: *качество, надежность, электромагнитная совместимость, электрооборудование, автомобиль.*

The paper analyzes the problems of diagnostics of excess levels of electromagnetic interference from car ignition system and the feasibility of corresponding electronic control system.

Keywords: *quality, reliability, electromagnetic compatibility, electrical equipment, automobile.*

Уровень развития технологий электронных систем управления на автомобильном транспорте сегодня таков, что позволяет проводить концептуальные разработки в области создания бортовых комплексов диагностики и управления с целью обеспечения требуемого уровня электромагнитных помех (ЭМП) в процессе эксплуатации автомобилей.

Основным элементом управления современного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является контроллер электронной системы управления двигателем (КЭСУД). Все данные, получаемые от датчиков ДВС автомобиля, КЭСУД обрабатывает в соответствии с определенным алгоритмом и посылает управляющие воздействия на исполнительные устройства различных систем двигателя. Применение электронного регулирования позволяет оптимизировать основные параметры двигателя для различных режимов работы, такие как мощность, крутящий момент, расход топлива, состав отработавших газов и так далее.

Современные КЭСУД используют микропроцессор, который может обрабатывать входные данные от датчиков автомобиля в режиме реального времени. Наряду с аппаратным обеспечением, контроллер содержит код программ и данные, хранящиеся, как правило, в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ). Это обеспечивает возможность перепрограммирования микропроцессора, загружая обновления или изменяя программу микроконтроллера.

Основным назначением ЭСУД, на сегодняшний день, является регулировка топливовоздушного отношения и угла опережения зажигания для того, чтобы во всех режимах работы достигнуть требуемого крутящего момента и выходной мощности. При этом диагностика и повышение ЭМС является важной научно-технической задачей, решение которой обеспечивает рост безопасности, надежности и экологичности процесса эксплуатации современных автотранспортных средств [1, 3, 4].

Сегодня функциональные возможности ЭСУД не включают непосредственную регулировку уровня электромагнитных помех — для этой цели может использоваться регулировка времени накопления заряда в первичной обмотке катушки зажигания, системы зажигания как основного источника ЭМП. Причем данное регулирование осуществляет гибкое управление процессами заряда и разряда в системе зажигания с точки зрения ЭМС автомобильного электрооборудования.

Электронный блок управления представляет собой совокупность электронных компонентов и взаимодействует с рядом электромеханических узлов и механизмов, представленных на рис. 1.

Причем оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) выполняет функцию отслеживания состояния ДВС (температура двигателя, нагрузка, скорость и т. д.), в то время как постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) предназначено для хранения программ управления различными режимами работы ДВС и характеристических карт.

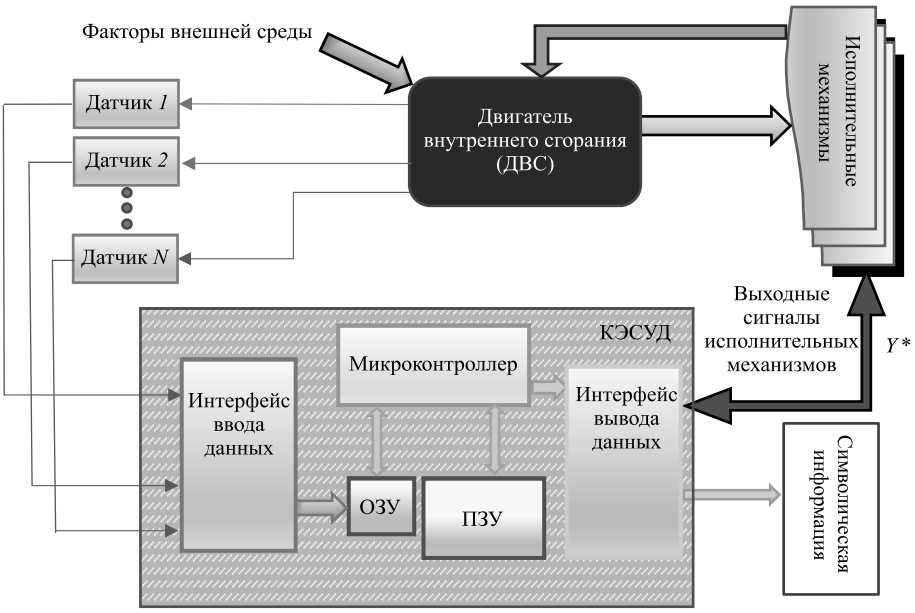


Рис. 1. Электронный блок управления ДВС во взаимодействии с другими устройствами

На интерфейс ввода данных ЭСУД поступают аналоговые сигналы с датчиков, которые сначала преобразуются в цифровые, после этого данная измерительная информация сначала поступает в ОЗУ, а затем в микроконтроллер. После обработки и анализа измерительной информации микроконтроллером на основе программ и данных, хранящихся в ПЗУ, микроконтроллер посылает сигналы на интерфейс вывода данных, преобразующий цифровые сигналы в аналоговые, после чего сигналы идут на исполнительные устройства — в частности, в систему зажигания.

Таким образом, на основе входных данных, поступающих с датчиков, ЭСУД генерирует выходные электрические сигналы, осуществляющие управление режимом работы ДВС и его подсистем. На рис. 2 [4, 7] иллюстрируется процесс регулировки двигателя с помощью ЭБУ, направленный на управление системой зажигания.

Систему зажигания можно рассматривать как исполнительный механизм управления двигателем, который состоит из свечи зажигания, катушки зажигания и цепи управления двигателя. Подобно другим исполнительным механизмам, система зажигания получает электрический сигнал от электронного блока управления для своевременного зажигания топливовоздушной смеси от электрической искры в конце такта сжатия. Электрическая искра приводит к возникновению ЭМП, а ее мощность напрямую зависит от тока накопления, который в основном определяет электромагнитную совместимость систем зажигания [8—10].

Влияние тока накопления на электромагнитную совместимость систем зажигания. Одним из основных факторов, определяющих электромагнитную совместимость системы зажигания, является в частности ток накопления ($I_н$), так как чем больше его значение, тем выше уровень электромагнитных помех.

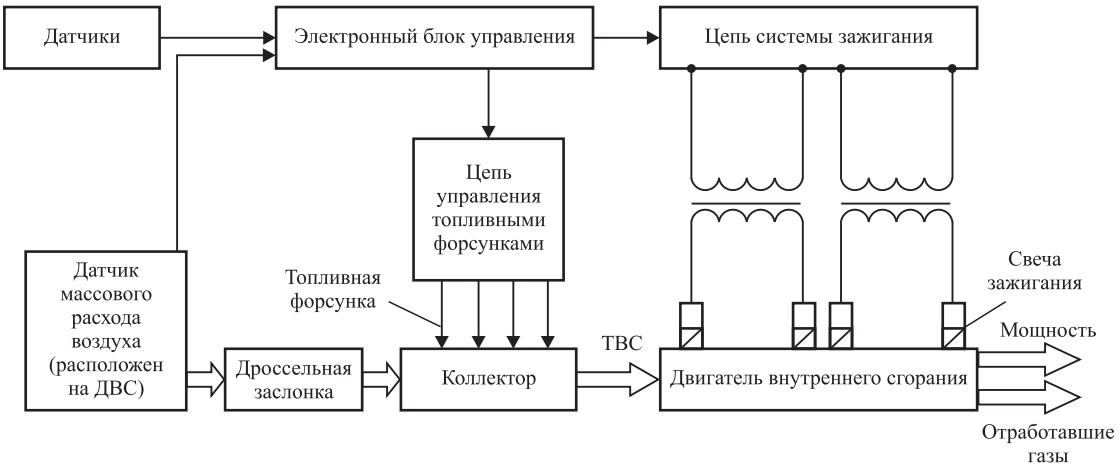


Рис. 2. Функциональная схема управления системой зажигания ДВС

На рабочем участке ток накопления зависит от времени накопления практически линейно, но управление этим током определяется множеством факторов — такими, например, как напряжение аккумуляторной батареи, характеристики катушки зажигания и так далее. Данные факторы ограничивают эффективность микроконтроллера в снижении уровня ЭМП посредством уменьшения времени накопления заряда, что приводит к уменьшению тока накопления.

По этой причине для более гибкого управления током накопления требуются новые интеллектуально-алгоритмические подходы, реализуемые на базе ЭСУД и способные наиболее плавно управлять как током накопления, так и другими управляющими воздействиями.

Под управлением током накопления подразумевается чаще всего уменьшение его значения, что приводит к уменьшению энергии разряда между электродами свечи зажигания и, соответственно, к снижению уровня электромагнитных помех от системы зажигания.

В период времени разряда на свече в высоковольтной цепи системы зажигания (СЗ) протекает ток, который и генерирует основные электромагнитные помехи от данной системы. Эти помехи вводят кондуктивную составляющую тока помехи в бортовую сеть, которая передается в первичную обмотку катушки зажигания по емкостной межобмоточной связи.

В то же время в низковольтной цепи СЗ протекает сигнал помехи в первичной обмотке, создаваемый в период времени накопления энергии в катушке. В свою очередь ЭМП наводит ток в силовых и в сигнальных цепях бортовой сети. Таким образом, суммарное значение сигнала помехи, протекающей в низковольтном контуре СЗ, определяется как [5—7]:

$$i_{\Sigma} = i_{\text{рк}} + i_{\text{по}} + i_{\text{ЭМП}}, \qquad (1)$$

где $i_{\text{рк}}$ — разрядный ток, перенесенный из высоковольтной части системы зажигания в низковольтную; $i_{\text{по}}$ — ток первичной обмотки системы зажигания; $i_{\text{ЭМП}}$ — ток, наведенный ЭМП в низковольтной части системы зажигания.

Ток в низковольтной цепи зависит не только от параметров системы зажигания, но и от параметров приведенных нагрузок бортовых систем. Соответственно напряжение помехи ($U_{\text{п}}$) в месте подключения системы зажигания к положительному потенциалу бортовой сети определяется по следующей формуле [5—7]:

$$U_{\text{П}} = \left(i_{\text{рк}} + i_{\text{по}} + i_{\text{ЭМП}}\right) Z_{\text{пр}}, \qquad (2)$$

где $Z_{\text{пр}}$ — приведенное к входу низковольтного контура полное сопротивление бортовой сети.

В общем случае импеданс является комплексной величиной и зависит от комплектации конкретного автотранспортного средства.

Распространение помех происходит и в сигнальных цепях бортовых устройств — параметры помех зависят от фильтрующих свойств каждого конкретно взятого устройства [3, 5] и выражаются как:

$$i_{\Sigma i,j} = i_{\text{к}_{i,j}} + i_{\text{и}_{i,j}} + i'_{\text{ЭМП}i,j}, \qquad (3)$$

где $i_{\text{к}_{i,j}}$ — кондуктивная составляющая помехи, созданная в j-м сигнальном проводнике i-го бортового устройства вследствие наличия гальванических связей с цепями питания; $i_{\text{и}_{i,j}}$ — кондуктивная составляющая помехи, созданная в j-м сигнальном проводнике i-го бортового устройства вследствие наличия индуктивных связей с цепями питания; $i'_{\text{ЭМП}i,j}$ — кондуктивная составляющая помехи, созданная в j-м сигнальном проводнике i-го бортового устройства вследствие наличия индуктивных связей с высоковольтной цепью системы зажигания [5].

В бортовой сети автомобиля одними из сильнейших являются помехи, созданные системой зажигания и представляющие собой сумму сигналов, генерируемых в периоды времени протекания переходных, а также разрядных, процессов в первичной обмотке катушки зажигания и в высоковольтном контуре соответственно.

Каждая составляющая суммарной кондуктивной помехи, распространяющаяся по проводам в бортовой сети, воздействует на электронные устройства в соответствующем частотном диапазоне.

Система зажигания (СЗ) является исполнительным механизмом, работа которого напрямую влияет на уровень ЭМП. При этом СЗ в основном характеризуется такими параметрами, как минимальная энергия разряда $Wp\min = 35$ мДж (при обычной величине около 70 мДж) и ток накопления $I_{\text{н}}$, находящийся в диапазоне от 5,5 до 8 А для разных систем зажигания. Ток накопления связан с энергией зажигания по формуле $W_n = LI_{\text{н}}^2/2$, поэтому если уменьшение энергии разряда возможно до 2 раз (с 70 до 35 мДж), то при этом соответствующее уменьшение тока накопления $I_{\text{н}}$ будет в 1,4 раза вследствие квадратичной зависимости W_D от $I_{\text{н}}$. Соответственно при уменьшении тока накопления $I_{\text{н}}$ будет падать уровень ЭМП [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Барнс Дж.** Электронное конструирование: методы борьбы с помехами. — М.: Мир, 1990. — 238 с.
2. **Кечиев Л. Н., Степанов П. В.** ЭМС: стандартизация и функциональная безопасность. — М.: МИЭМ, 2001 — 82 с.
3. **Князев А. Д.** Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. — М.: Радио и связь, 1984. — 336 с.
4. **Кругов В. И.** Автоматическое регулирование и управление двигателей внутреннего сгорания. — М.: Машиностроение, 1998.
5. **Николаев П. А.** Электромагнитная совместимость современных автомобильных систем зажигания: монография. — Тольятти: ПВГУС, 2011. — 224 с.
6. **Петровский С. В., Николаев П. А.** Электромагнитная совместимость автомобильного генератора напряжения // Известия Высших учебных заведений. Электромеханика. —2014. — № 5.
7. **Петровский С. В.** Интеллектуально-измерительная система для идентификации и классификации радиопомех от системы зажигания автомобиля // Сборник трудов пятой международной научно-практической конференции "Измерения в современном мире 2015". —СПб.: СПГПУ, 2015. — С. 89—99.
8. **Petrovski S., Bouchet F., Petrovski A.** Data-driven Modelling of Electromagnetic Interferences in Motor Vehicles // IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA 2013) Albena, Bulgaria 2013. ISBN: 978-1-4799-0659-8. DOI: 10.1109/INISTA.2013.6577658. pp. 1—7.
9. **Petrovski S., Rattadilok P., Petrovski A.** Anomaly Monitoring Framework Based on Intelligent Data Analysis // In the Proceedings of the 14th International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning (IDEAL 2013), October 2013, Hefei, China. Springer Global, Lecture Notes in Computer Science, volume 8206. pp. 134—141. ISBN 978-3-642-41277-6. DOI: 10.1007/978-3-642-41278-3_17.
10. **Petrovski A., Rattadilok P., Petrovski S.,** Designing a context-aware cyber physical system for detecting security threats in motor vehicles //SIN'15 Proceedings of the 8th International Conference on Security of Information and Networks, Sochi, Russia. 2015. pp. 267—270. ISBN 978-1-4503-3453-2. DOI: 10.1145/2799979.2800029.

Борьба с контрафактной продукцией

Прошедший год ознаменовал усиление борьбы с контрафактной продукцией на государственном уровне. "ЧЕТРА-Промышленные машины" принимает активное участие в этой работе. Последние предложения компании могут помочь на законодательном уровне защитить отечественных машиностроителей от недобросовестных производителей.

Проблему контрафактной продукции обсудили в конце декабря и в Совете Федерации на совещании "Контрафактная продукция в сфере коммунальной, строительно-дорожной и сельскохозяйственной техники: меры по защите отечественных производителей".

В своем докладе Виктор Четвериков, заместитель председателя комитета при Бюро ЦС "Союза машиностроителей России" по тракторному, сельскохозяйственному, лесозаготовительному, коммунальному и дорожно-строительному машиностроению, отметил, что оборот фальсифицированной продукции в машиностроении наиболее широк в отношении комплектующих и запасных частей. "Причин засилья контрафакта на российском рынке несколько, — уверен Виктор Четвериков. — Безусловно, это несовершенство законодательной базы, отсутствие действенных рычагов контроля рынка и, наконец, низкая культура потребления, ориентированная только на цену, а не на стоимость владения изделием в течение жизненного цикла".

Особенную роль в росте доли контрафакта играют тендеры, требующие снижения цены и не имеющие четких критериев проверки продуктов с технической и юридической стороны. При этом на местах получения продукции не создано механизмов ее приемки, идентификации и оценки качества.

Если говорить о юридической стороне, то сегодня средства борьбы с незаконным оборотом промышленной продукции ограничиваются двумя документами — товарным знаком и патентом. Причем назначение последних несколько иное, чем защита потребителей, что означает необходимость расширения законодательной базы в этом вопросе.

На заседании были представлены важные инициативы по борьбе с контрафактом, предложенные "ЧЕТРА-ПМ": это — внедрение понятий в Гражданский кодекс РФ: оригинальная продукция, воспроизводимая продукция, фальсифицированная продукция; четкое определение в административном и уголовном законодательстве мошеннических действий со стороны незаконного производителя и халатных действий со стороны недобросовестного потребителя, а также ответственности правонарушителей.

"Мы не впервые выступаем инициатором и участником мероприятий по борьбе с контрафактной продукцией, — комментирует Ирина Малкова, директор по продажам "ЧЕТРА-ПМ". — Поэтому понимаем, что на этом этапе важно разработать на законодательном уровне меры по противодействию и предупреждению выпуска контрафактной продукции, в том числе комплектующих и запасных частей".

Помимо этого, на заседании было предложено создать в Ростехнадзоре единую базу учета каждой единицы техники на протяжении всего ее жизненного цикла. Большое значение может иметь организация под эгидой Минпромторга РФ специального интернет-ресурса "Портал "Осторожно: контрафакт".

Представители "ЧЕТРА-ПМ" уверены, что предложенные действия позволят изменить ситуацию с недобросовестными производителями на российском рынке спецтехники, а отечественным машиностроителям занять ведущие позиции не только в России, но и за рубежом.

Пресс-служба компании "ЧЕТРА"

УДК 29.113.007.001.4

В. С. Устименко, канд. техн. наук, **М. К. Сибиляев, Т. Л. Гришина, Н. А. Титов,**
НИИЦ АТ 3ЦНИИ Минобороны России
E-mail: viktor-kornilov@yandex.ru

НОВАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ДОРОГ

Для оценки надежности автомобильной техники в процессе пробеговых испытаний необходимо обеспечить стабильный контроль условий испытаний. Он ый был достигнут внедрением ОСТ 37.001.520-96 "Категории испытательных дорог. Параметры и методы их определения". С целью повышения точности используемого метода авторами статьи предложен способ экспериментального определения составляющих математической зависимости показателя категории дорог, что позволило повысить точность его определения на 8—10 %. На разработанный способ выдан патент на изобретение № 2561647 от 27.08.2015 г.

Ключевые слова: *испытания, условия испытаний, категории испытательных дорог, количественный показатель категории дорог, расчет и эксперимент, точность определения показателя.*

In the process of automotive vehicle running tests for its reliability assessment there is aim to provide stable control of the test conditions, which was achieved with the introduction of OST 37.001.520-96 "Test roads categories. Parameters and methods of their determination".
With the aim of improving the accuracy of the method used in the article they proposed a method of experimental determination of the components of the mathematical dependence of roads categories rate which allowed to improve the accuracy of its determination by 8—10 %. The developed method was granted a patent for the invention № 2561647 by 27.08.2015.

Keywords: *tests, test conditions, test roads category, quantitative indicator of the roads category, calculation and experiment, the accuracy of the indicator.*

Началом перехода от качественной оценки категории испытательных дорог, выполняемой много лет визуально по субъективным ощущениям, к их оценке числовыми значениями можно считать публикацию авторов статьи "От неопределенности и случайности в испытательных пробегах — к их регулированию и достоверности результатов" [1].

Выполняемые на этих дорогах пробеговые испытания автомобильной техники (АТ) являются главным измерителем ее качества по показателям надежности и долговечности, играют ведущую роль в постановке новой модели в производство для проверки предшествующих расчетов, ошибка которых недопустима в контроле качества и стабильности характеристик изделий серийного производства.

Поэтому к пробеговым испытаниям АТ предъявляются требования с учетом максимально высокой сопоставимости, воспроизводимости и достоверности результатов испытаний, реализация которых вызывает затруднения, особенно на грунтовых испытательных дорогах, ввиду изменчивости и нестабильности их характеристик даже в условиях испытательного полигона.

В связи с этим создаваемая новая теория и методология испытаний, например, автомобилей многоцелевого назначения и специальных колесных шасси, должны соответствовать некоторым условиям. Во-первых, нужен такой способ регулирования испытательного пробега, который базируется на реакции самого автомобиля на изменяющиеся дорожные условия, во-вторых, показатель реакции автомобиля на изменчивое воздействие дороги должен быть легкодоступным для измерения в испытательном пробеге, а его регулирование должно быть непрерывным или ступенчатым и выполняться корректировкой либо условий пробега, либо его значения. В-третьих, в ходе нормативного пробега (нагружения автомобиля) способ должен давать стабильные, единообразные по интенсивности и сопоставимости отказы и повреждения, независимо от места и времени проведения испытаний.

В качестве показателя, удовлетворяющего этим условиям, при неопределенности воздействия дороги, приняты средний расход топлива, выражающий энергетические затраты на движение,

и развиваемая при этом скорость движения. Таким образом, получается простая форма связей системы "автомобиль—дорога", при которой чем больше расход топлива и чем меньше средняя скорость движения, тем выше нагружение конструкции автомобиля от воздействия всех внешних факторов и, в первую очередь, дороги, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению, к которой были интегрированы все внешние факторы в виде сил сопротивления движению на повороте, подъеме, при движении с прицепом, преодоления сопротивления воздуха, инерции, колебаний подрессоренных и неподрессоренных масс с учетом температуры наружного воздуха, его влажности и других факторов.

Установленная функциональная связь может быть выражена отношением реализованных эксплуатационных показателей Q_j (л/100 км) и V_j (км/ч) на j-й дороге. Однако для того, чтобы это отношение получило признак универсальности и было бы справедливо для автомобилей разного класса грузоподъемности, необходимо было найти соответствующий коэффициент связи. И он был найден.

При количественной оценке категорий дорог за основу было взято указанное отношение показателей Q_j/V_j и представлено в виде:

$$\Psi_{\Sigma_j} = n\frac{\bar{Q}_j}{\bar{V}_j}, \qquad (1)$$

где Ψ_{Σ_j} — относительный коэффициент суммарного сопротивления движению на j-й дороге (показатель категории дорог); $\bar{Q}_j$ — средний расход топлива в л/100 км; $\bar{V}_j$ — средняя скорость движения на j-й дороге; n — коэффициент связи, характерный для каждого типа транспортного средства.

Коэффициент n принят в качестве факторного пространства (центр эксперимента), в котором все транспортные средства рассматриваются на начальном уровне энергонагружения, соответствующем режиму определения контрольного расхода топлива при V = const, что по ГОСТ Р 54810 [2] соответствует скорости 60 км/ч на динамометрической дороге.

Тогда при начальных условиях значение коэффициента n может быть вычислено по зависимости (1):

$$n = \frac{\Psi_A V_q}{q}, \qquad (2)$$

где Ψ_A — коэффициент сопротивления движению на динамометрческой дороге; V_q — скорость, соответствующая режиму определения q, км/ч; q — контрольный расход топлива, л/100 км.

Значение Ψ_A в указанном скоростном режиме принято величиной, равной 0,025 с учетом среднестатистического значения коэффициента сопротивления качению f_0 = 0,02 для всех типов автомобильных шин многоцелевых автомобилей и коэффициента сопротивления воздуха — f_w = 0,005, что обеспечило наибольшую простоту расчета n и показателя категории дорог Ψ_{Σ_j} без привлечения дополнительных измерений с использованием лишь значений параметров, определяемых по программе контрольных испытаний АТ (V_j, Q_j и q).

На основе статистических исследований указанных параметров ранее выполненных испытаний автомобилей в НИИЦ АТ и НИЦИАМТ ФГУП "НАМИ" в объеме 248 образцов установлены границы и матожидание пяти стандартных испытательных дорог, на основе которых, а также на базе патента на изобретение [3], разработан отраслевой стандарт ОСТ 37.001.520 [4], который широко используется на практике в автомобильной отрасли.

Количественная оценка категорий испытательных дорог получила освещение и дальнейшее развитие по другим темам в журналах "Автомобильная промышленность" [5], "Грузовик" [6] и "Военная мысль" [7, 8]. Одновременно проводились метрологические исследования, в том числе с одновременным выездом *11* и шести разных типов автомобилей соответственно в весеннее и осеннее время года на расстояние 100 км, результаты которых освещены в журнале "Автомобильная промышленность" [9—11]. Исследованиями установлено, что отличие расчетных значений показателя Ψ_{Σ_j} составили в пределах 10—15 %.

Вместе с тем, постоянная составляющая погрешности расчета показателя Ψ_j присутствует в результатах испытаний каждого образца, при этом ее величина зависит от того, насколько значение коэффициента сопротивления качению шины f_0 конкретного образца отличается от принятого среднего значения f_0 = 0,02 в сторону большей или меньшей величины, при этом значение Ψ_j для образца будет либо занижено, либо завышено на уровне указанных отличий.

С целью повышения точности расчета показателя Ψ_j, вместо константы Ψ_A = 0,025, предложено экспериментальное определение составляющих Ψ_A для каждого образца отдельно, при котором f_0 определяется через силу сопротивления качению P_0 с помощью динамометра с использованием метода

буксирования на ровной площадке со скоростью передвижения до 1,0 м/с, а f_w — также через силу сопротивления воздуха по известной зависимости через геометрические размеры поперечного сечения автомобиля (B и H).

Итак, коэффициент Ψ_A и зависимости (2) определяют по сумме коэффициентов сопротивления качению f_0 и сопротивления воздуха f_w:

$$\Psi_A = f_0 + f_w, \quad (3)$$

где f_0 — коэффициент сопротивления качению шины автомобиля, прогретой, например, на вращающихся барабанах стенда или при движении на асфальтобетонной дороге (A-дороге) со скоростью 60 км/ч до стабильной температуры при температуре наружного воздуха, равной (20 ± 2) °С, величину которого определяют по выражению:

$$f_0 = \frac{P_f}{G_a}, \quad (4)$$

где P_f — сила сопротивления качению, определяемая по показаниям динамометра при буксировке автомобиля на A-дороге на скорости 1,0 м/с, кгс; G_a — суммарная нагрузка автомобиля на опорную поверхность, кгс; f_w — коэффициент сопротивления воздуха, определяемый по выражению:

$$f_w = \frac{P_w}{G_a}, \quad (5)$$

где P_w — сила сопротивления воздуха, определяемая на скорости V_q по выражению:

$$f_w = \frac{KFV_q^2}{13}, \quad (6)$$

где K — коэффициент обтекаемости, определяемый экспериментально в аэродинамической трубе, который для грузовых автомобилей равен 0,06-0,07; F — площадь лобового сечения транспортного средства, определенная по выражению:

$$F = BH, \quad (7)$$

где B — колея транспортного средства, м; H — высота транспортного средства (по тенту), м.

Покажем на примере расчетные значения Ψ_{Σ_j} для двух типов шин в сопоставлении со значением, полученным при Ψ_A = 0,025, автомобиля УРАЛ-4320 при полной массе 13 665 кг и q = 30 л/100 км.

По выполненному пробегу по грунтовой дороге удовлетворительного состояния в объеме 7,5 тыс. км получены средние значения расхода топлива и скорости движения соответственно 50,1 л/100 км и 34,4 км/ч при контрольном расходе q = 30 л/100 км при V_q = 60 км/ч.

После разогрева шин определяют силу сопротивления качению, равную для шины модели ОИ-25 (старая модель) 273 кгс и для шины КАМА-1260-1 — 205 кгс.

По зависимости (5) определяют коэффициент f_0, равный:

— для шины ОИ-25 — 0,02;

— для шины КАМА-1260-1 — 0,015.

Далее по зависимости (6) определяют силу сопротивления воздуха при скорости V_q = 60 км/ч, B = 2,16 м; H = 2,87 м и при принятом K = 0,065:

$$P_w = \frac{0,065(2,16 \cdot 2,87)602}{13} = 111,6 \text{ кгс},$$

а по зависимости (5) — коэффициент сопротивления воздуха:

$$f_w = \frac{111,6}{13\,665} = 0,008.$$

Затем определяют коэффициент сопротивления движению на А-дороге по зависимости (3);

— для шины ОИ-25:

$$\Psi_{A_1} = 0,02 + 0,008 = 0,028;$$

— для шины КАМА-1260-1:

$$\Psi_{A_1} = 0,015 + 0,08 = 0,023.$$

И, наконец, по зависимости (2) определяют коэффициент n, который соответственно равен:

$$n_1 = \frac{0,028 \cdot 60}{30} = 0,056;$$

$$n_2 = \frac{0,023 \cdot 60}{30} = 0,046,$$

тогда $\Psi_{\Sigma_{ГУ}}$ на грунтовой дороге удовлетворительного состояния для шины ОИ-25 равно 0,082, а для шины КАМА-1260-1 — 0,067.

Для сравнения: при значении Ψ_A = 0,025 по указанным исходным данным получено значение $\Psi_{\Sigma_{ГУ}}$ = 0,073, которое для шины ОИ-25 оказалось заниженным на 0,009 (12 %), а для шины КАМА-1260-1, наоборот, завышенным на 0,006 (8 %).

Новая методика защищена патентом на изобретение [12], на основании которого разработан стандарт организации НИИЦ АТ СТО 1.49.56—2016. Он используется при проведении испытаний автомобильной техники.

Используемый в ОСТ 37.001.520-96 метод определения показателя Ψ_{Σ_j} сыграл важную роль в количественной оценке (впервые) испытательных дорог, особенно грунтовых, с помощью самого испытываемого автомобиля (без измерительной техники), что придало методу признак универсальности и возможности его использования на любом испытательном полигоне в любое время года.

Использование новой методики определения категории испытательных дорог через относительный коэффициент суммарного сопротивления движению при индивидуальном расчете коэффициента Ψ_A каждого образца — коэффициента сопротивления движению на ровной асфальтобетонной дороге через коэффициенты f_0 и f_w, существенно повышает точность значения Ψ_{Σ_j} и придает методу еще большую актуальность, новизну и практическую полезность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Яценко Н. Н., Устименко В. С.** От неопределенности и случайности в испытательных пробегах — к их регулированию и достоверности результатов // Автомобильная промышленность. — 1996. — № 12. — С. 23—27.
2. **ГОСТ Р 54810—2011.** Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. Введ. 2012-09-01. — М.: Стандартинформ, 2012.
3. **RU Патент на изобретение:** № 2011955, C1 G01M 17/00 от 30.04.1994, Бюл. № 8.
4. **ОСТ 37.001.520—96.** Категории испытательных дорог. Параметры и методы их определения. Введ. 1997-07-01. — М.: НАМИ, 1996.
5. **Устименко В. С.** Регулируемая технология пробегов при испытаниях АТС//Автомобильная промышленность. — 1997. — № 12. — С. 24—27.
6. **Устименко В. С.** Как определить категорию дороги? // Грузовик. — 1997. — № 4. — С. 29—31.
7. **Устименко В. С.** Комплексная оценка надежности образцов военной автомобильной техники по результатам их пробеговых испытаний // Военная мысль. — 2015. — № 7. — С. 30—37.
8. **Устименко В. С.** Способ приведения условий испытаний военной автомобильной техники к ее реальному использованию в войсках // Военная мысль. — 2017. — № 3. — С. 31—36.
9. **Устименко В. С., Титов Н. А., Баранова Е. В.** Оценка АТС в дорожных условиях: какова ее точность? // Автомобильная промышленность. — 2004. — № 3. — С. 29—31.
10. **Устименко В. С., Титов Н. А.** Способ точного определения коэффициента сопротивления движению АТС // Автомобильная промышленность. — 1999. — № 3. — С. 24—27.
11. **Устименко В. С., Титов Н. А., Баранова Е. В.** Метрологическая оценка методики определения категории дорог, используемой при испытаниях АТС // Автомобильная промышленость. — 2004. — № 6. — С. 35—38.
12. **RU Патент на изобретение:** № 2561647, C1 G01 M 17/00 от 27.08.2015, Бюл. № 24.

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

УДК 621.436

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЭМУЛЬГИРОВАННОГО БИОТОПЛИВА В РАСПЫЛИТЕЛЕ ДИЗЕЛЬНОЙ ФОРСУНКИ. ЧАСТЬ 2

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 15—21 на 3-й и 4-й полосах обложки)

С использованием представленных выше расчетных данных (см. "Грузовик" № 8, 2017 г.) получены средние по выбранным сечениям распыливающего отверстия значения параметров потока топлива, представленные в табл. 4. Характеристики изменения средних по сечению параметров потока нефтяного дизельного топлива по длине распыливающего отверстия $l_{р.тек}$ приведены на следующих рисунках — давления топлива $p_{топл.ср}$ на рис. 11, аксиальной скорости течения топлива $V_{акс.ср}$ — на рис. 12, объемной доли газовой фазы $Q_{газ\ ср}$ — на рис. 13, турбулентной энергии потока топлива $E_{турб.ср}$ — на рис. 14. Эти характеристики рассчитаны при двух давлениях топлива на выходе из распыливающего отверстия форсунки — при $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа и при $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа.

Полученные аналитические результаты хорошо согласуются с расчетными данными работ [13—18], а также с экспериментальными данными работ [11, 12, 26, 27]. Это свидетельствует о возможности использования описанной выше расчетной методики для моделирования течения эмульгированного биотоплива в распылителе дизельной форсунки. Как отмечено выше, в качестве такого биотоплива исследована эмульсия 30 % этилового спирта в 70 % рапсового масла (по объему). Свойства этой эмульсии представлены в табл. 3

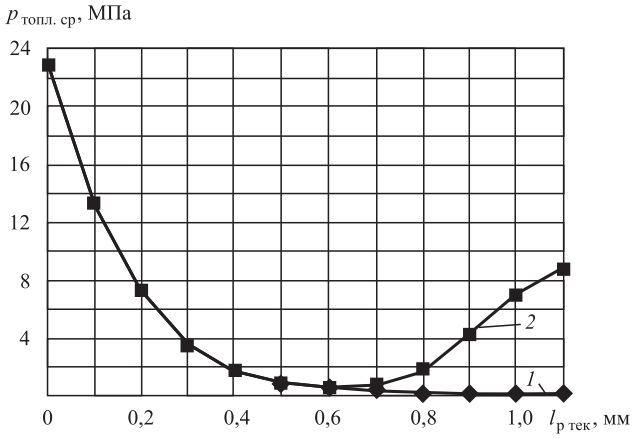


Рис. 11. Зависимость среднего по сечению давления нефтяного дизельного топлива $p_{топл.ср}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{р.тек}$:
1 — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа; *2* — $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа

Таблица 4

Распределение средних значений параметров потока нефтяного дизельного топлива по сечениям распыливающего отверстия при впрыскивании в атмосферу — при $p_{вых}$ = 0,1 МПа и при противодавлении $p_{вых}$ = 8,878 МПа

Номер сечения	Значение $l_{р.тек}$, мм	Среднее давление топлива, МПа		Средняя аксиальная скорость (м/с)		Средняя объемная доля газовой фазы		Средняя турбулентная энергия (м^2/с^2)	
		$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа
0 (вход)	0	22,76	22,79	193,0	192,3	0,028	0,028	1105,8	1272,7
1	0,1	13,32	13,44	258,4	257,8	0,247	0,249	1388,5	1473,3
2	0,2	7,20	7,28	287,1	287,0	0,315	0,318	1464,8	1493,9
3	0,3	3,54	3,55	298,3	298,3	0,339	0,342	1482,0	1490,3
4	0,4	1,72	1,68	301,1	301,3	0,346	0,349	1480,8	1478,0
5	0,5	0,86	0,84	299,7	300,0	0,346	0,348	1485,4	1467,9
6	0,6	0,47	0,54	296,5	296,6	0,342	0,344	1494,7	1466,0
7	0,7	0,28	0,62	292,8	291,8	0,337	0,336	1499,2	1460,2
8	0,8	0,19	1,64	288,9	281,0	0,329	0,300	1496,3	1477,6
9	0,9	0,14	4,18	284,9	258,6	0,316	0,177	1487,6	1684,7
10	1,0	0,10	7,04	281,0	237,3	0,297	0,030	1471,1	2057,3
11 (выход)	1,1	0,10	8,88	276,8	224,7	0,275	0,001	1444,2	2198,9

(см. "Грузовик" № 8, 2017 г.). При расчетах рассмотрен описанный выше распылитель АЗПИ. Исследована геометрия проточной части с одним распыливающим отверстием № 2 табл. 2 (см. "Грузовик" № 8, 2017 г.). Как и при анализе параметров потока нефтяного дизельного топлива в выбранной расчетной области, при исследовании течения эмульгированного биотоплива давление на входе в расчетную область было принято $p_{топл\ вх}$ = 51,5 МПа, а давления на выходе из расчетной области — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа и $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа. Температура эмульсии в распылителе принята равной t = 40 °С. Эмульгированное топливо рассматривалось как несжимаемое.

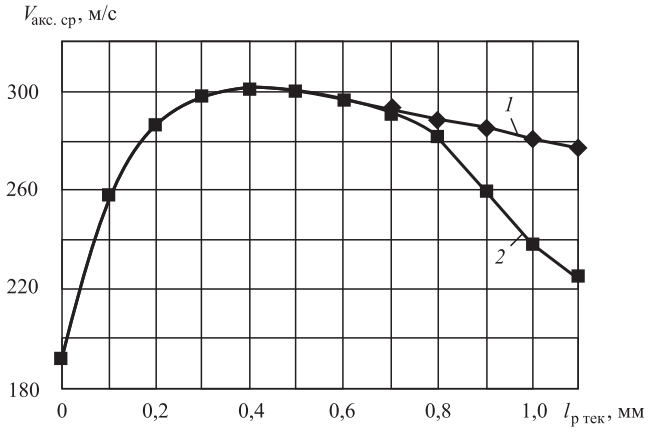


Рис. 12. Зависимость средней аксиальной скорости течения нефтяного дизельного топлива $V_{акс.ср}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{р.тек}$:
1 — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа; *2* — $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа

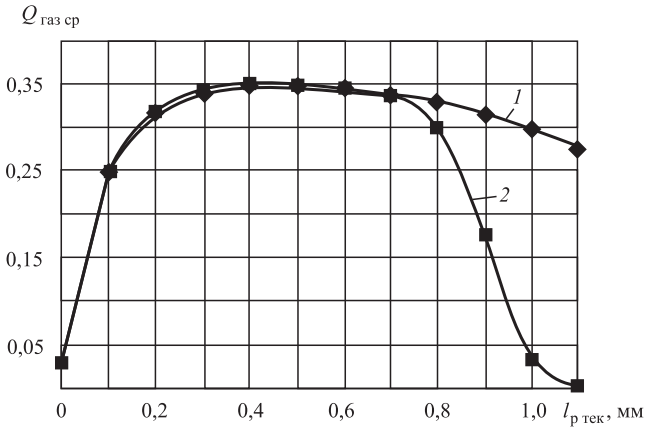


Рис. 13. Зависимость средней объемной доли газовой фазы нефтяного дизельного топлива $Q_{газ\ ср}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{р.тек}$:
1 — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа; *2* — $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа

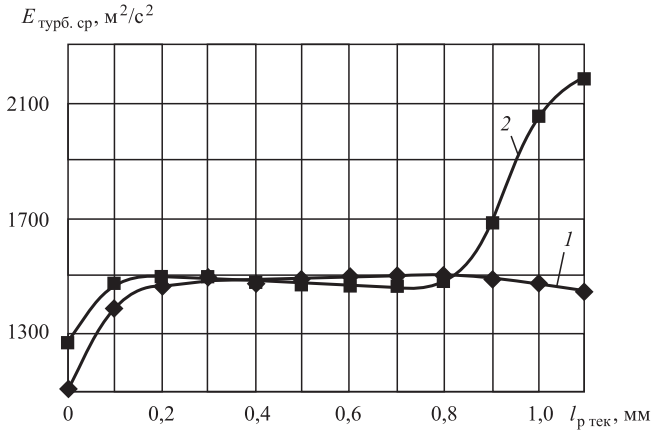


Рис. 14. Зависимость средней турбулентной энергии потока нефтяного дизельного топлива $E_{\text{турб.ср}}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{\text{р.тек}}$:
1 — $p_{\text{топл.вых}}$ = 0,1 МПа; 2 — $p_{\text{топл.вых}}$ = 8,878 МПа

При расчетных исследованиях с использованием ПК Fluent рассмотрена дисперсная фаза, состоящая из капель этилового спирта с диаметром 50 мкм, равномерно распределенная по объему рапсового масла. Для учета влияния этих капель на характеристики потока эмульгированного топлива использована многофазная модель Эйлера (Eulerian Model of Multiphase Flows), в которой закон сохранения масс для q-й фазы имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_q \rho_q) + \nabla\left(\alpha_q \rho_q \vec{V}_q\right) = \sum_{p=1}^{n}\left(\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}\right) + S_q,$$

где n — количество фаз; α_q — объемная концентрация q-й фазы; ρ_q — ее плотность; $\vec{V}_q$ — скорость течения q-й фазы; $\dot{m}_{pq}$ и $\dot{m}_{qp}$ — скорость переноса масс из p-й фазы в q-ю фазу и наоборот; S_q — объемный источник масс q-й фазы. Закон сохранения количества движения (момента) представляется в виде:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_q \rho_q \vec{V}_q\right) + \nabla\left(\alpha_q \rho_q \vec{V}_q\right) = -\alpha_q \nabla p + \nabla \bar{\bar{\tau}}_q + \alpha_q \rho_q \vec{g} +$$
$$+\sum_{p=1}^{n}\left(\vec{R}_{pq} + \dot{m}_{pq}\vec{V}_{pq} - \dot{m}_{qp}\vec{V}_{qp}\right) +$$
$$+\left(\vec{F}_q + \vec{F}_{lift,q} + \vec{F}_{wl,q} + \vec{F}_{vm,q} + \vec{F}_{td,q}\right),$$

где $\vec{g}$ — ускорение свободного падения; p — давление; $\bar{\bar{\tau}}_q$ — тензорные напряжения q-й фазы; $\vec{R}_{pq}$ — сила взаимодействия между фазами; $\vec{V}_{pq} = \vec{V}_p - \vec{V}_q$ и $\vec{V}_{qp} = \vec{V}_q - \vec{V}_p$ — скорости дрейфа; $\vec{F}_q$ — внешние массовые силы; $\vec{F}_{lift,q}$ — подъемная сила; $\vec{F}_{wl,q}$ — сила, возникающая между жидкостью и стенкой; $\vec{F}_{vm,q}$ — виртуальная массовая сила (virtual mass force) — это сила присоединения масс, учитывающая ускорение капель; $\vec{F}_{td,q}$ — сила турбулентной дисперсии. В комплексе Fluent сила взаимодействия между жидкими фазами $\vec{R}_{pq}$ описывается формулой:

$$\vec{R}_{pq} = K_{pq}\left(\vec{V}_p - \vec{V}_q\right),$$

где K_{pq} — коэффициент переноса между фазами, который определяется по следующей формуле:

$$K_{pq} = \frac{\rho_p f_e}{6\tau_p} d_p A_i,$$

где A_i — концентрация площади взаимодействия (для рассматриваемого случая она определяется суммой площадей поверхности капель в единице объема); d_p — диаметр капель; τ_p — время релаксации капель; f_e — функция переноса. При расчете функция переноса f_e описана моделью Шиллера—Науманна (Schiller and Naumann Model). В этой модели функция переноса имеет вид:

$$f_e = \frac{C_D \,\mathrm{Re}}{24},$$

где Re — число Рейнольдса, определяемое из выражения:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho_p\left(\vec{V}_p - \vec{V}_q\right) d_p}{\mu_q}.$$

Константа C_D определяется следующим образом:

$$C_D = 24\left(1 + 0{,}15\,\mathrm{Re}^{0{,}687}\right)/\mathrm{Re} \quad \text{при } \mathrm{Re} \leqslant 1000;$$
$$C_D = 0{,}44 \quad \text{при } \mathrm{Re} > 100.$$

Сила турбулентной дисперсии $\vec{F}_{td,q}$ определяется моделью Лопеса-де-Вертодано (Lopez de Bertodano Model) и описывается формулой:

$$\vec{F}_{td,q} = C_{TD}\rho_q k_q \nabla \alpha_q,$$

где k_q — кинетическая энергия турбулентности; C_{TD} — константа, которая уточняется по результатам экспериментальной проверки; в настоящем расчетном исследовании принято C_{TD} = 1. При моделировании выбрана хорошо зарекомендовавшая себя k-ε модель турбулентности.

С использованием представленной модели проведено моделирование стационарного течения смеси 70 % РМ и 30 % ЭС в распылителе дизельной форсунки. При моделировании течения такого эмульгированного топлива с противодавлением $p_{\text{вых}}$ = 0,1 МПа (впрыскивание в атмосферу) массовый расход топлива через одно

отверстие распылителя оказался равным $G_т$ = = 0,015771 кг/с, а при давлении на выходе отверстия $p_{вых}$ = 8,878 МПа — $G_т$ = 0,015700 кг/с. Результаты моделирования течения эмульгированного 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 рис. 15—21.

На рис. 15 показаны распределения давления эмульгированного топлива в продольном сечении распыливающего отверстия. Из данных рис. 15, *а*, полученных при впрыскивании в атмосферу (при $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа), следует, что давление на входе в распыливающее отверстие превышает $p_{топл.вх}$ = 21 МПа, а затем резко снижается и на выходе из отверстия соответствует атмосферному. При наличии противодавления ($p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа) распределение давления топлива на входе в отверстие и в его средней части очень близко к распределению давлений, полученных при впрыскивании в атмосферу. Но на выходе из распыливающего отверстия давление эмульгированного топлива возрастает примерно до 8,8 МПа (рис. 15, *б*).

На рис. 16 представлены расчетные результаты по распределению объемной доли капель этилового спирта в эмульгированном топливе в различных сечениях (продольном и поперечном) внутри распыливающего отверстия при давлении на выходе из отверстия $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа, полученные без учета кавитации. Они свидетельствуют о том, что капли этилового спирта неравномерно распространяются по всему объему отверстия — в большей степени они концентрируются в верхней зоне отверстия, а в нижней зоне отверстия их концентрация минимальна. Это объясняется меньшей плотностью этилового спирта по сравнению с рапсовым маслом. В результате при резком повороте потока эмульгированного топлива на входе в распыливающее отверстия за счет сил инерции частицы ЭС отбрасываются на меньший радиус, чем частицы РМ. На рис. 17 показано распределение объемных долей капель этилового спирта и его паров, полученное при учете кавитации. По этим данным следует отметить, что учет кавитации сравнительно слабо влияет на распределение капель этилового спирта. В первую очередь это относится к нижней зоне отверстия. Вместе с тем, максимальное содержание паровой фазы отмечается в верхней зоне отверстия, особенно — в области, близкой к входу отверстия. Здесь объемная доля пара превышает 90 %. Наличие противодавления на выходе из распыливающего отверстия подавляет процесс кавитации и проводит к конденсации. В результате, по мере течения эмульгированного топлива по распыливающему отверстию объемная доля пара уменьшается, и на выходе паровая фаза практически отсутствует.

Для оценки влияния противодавления на процесс кавитации на рис. 18 и 19 приведены распределения объемной доли пара этилового спирта и объемной доли его капель по распыливающему отверстию при различных давлениях на выходе из отверстия. Как следует из данных рис. 18, *а*, при течении смеси, состоящей из 70 % РМ и 30 % ЭС, по распылителю без противодавления ($p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа) содержание пара в смеси сначала увеличивается. Примерно в середине распылителя (сечения 6-5 табл. 4) паровая фаза эмульгированного топлива начинает занимать около половины площади поперечного сечения распыливающего отверстия, а затем средняя доля пара практически не изменяется. Наличие противодавления на выходе из отверстия ($p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа) приводит к тому, что в зоне сечений 9-10 объемная доля пара в смеси резко снижается, и на выходе из отверстия (сечение 11) паровая фаза в топливе практически отсутствует (рис. 18, *б*).

Давление на выходе из распыливающего отверстия оказывает влияние и на распределение капель этилового спирта в рапсовом масле. Однако это влияние менее выражено. Данные рис. 19, полученные с учетом кавитации, свидетельствуют о том, что капли этилового спирта концентрируются, в основном, в верхней зоне отверстия. При впрыскивании эмульгированного топлива в атмосферу (при $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа) эта закономерность наблюдается практически по всей длине распыливающего отверстия (рис. 19, *а*). При наличии противодавления ($p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа) на выходе из распыливающего отверстия происходит выравнивание распределения капель этилового спирта в рапсовом масле (рис. 19, *б*).

При расчетных исследованиях параметров потока эмульгированного топлива получены распределения кинематической энергии турбулентности потока эмульгированного топлива в продольных сечениях проточной части распылителя форсунки (рис. 20) и в продольном сечении распыливающего отверстия (рис. 21) при давлении на выходе из отверстия $p_{топл.вых}$ = 0,1 (впрыскивание а атмосферу) и $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа. Они свидетельствуют о том, что наибольшая турбулизация

потока топлива наблюдается в распыливающем отверстии в его верхней части. Это вызвано сильным уменьшением сечения проточной части, резким поворотом потока, парообразованием — появлением паровой фазы и ее последующей конденсацией. При наличии противодавления на выходе из отверстия турбулентность потока возрастает.

Представленные на рис. 15—21 распределения значений параметров потока эмульсии 70 % РМ и 30 % СМ использованы для определения средних значений параметров потока этой эмульсии в различных поперечных сечениях распыливающего отверстия. По аналогии с исследованием течения нефтяного дизельного топлива по распыливающему отверстию при расчетах параметров потока эмульгированного топлива использована система отсчета, начальная точка которой совпадает с центром сечения на входе в отверстие, а ось координаты этой системы отсчета направлена по оси отверстия и имеет координату $l_{р.тек}$ (на входе в отверстие $l_{р.тек}$ = 0 мм, а на выходе $l_{р.тек}$ = 1,1 мм). В табл. 5 представлены полученные таким образом значения параметров, характеризующих режим течения (средние по сечению давление топлива, аксиальные скорости, объемная доля газовой фазы, турбулентная энергия).

По данным табл. 5 построены характеристики изменения по длине распыливающего отверстия $l_{р.тек}$ средних по сечению значений параметров потока эмульгированного топлива — давления топлива $p_{топл.ср}$ (рис. 22), аксиальной скорости течения топлива $V_{акс.ср}$ (рис. 23), объемной доли газовой фазы в топливе $Q_{газ\ ср}$ (рис. 24), объемной доли капель этилового спирта в топливе (рис. 25), турбулентной энергии потока топлива $E_{турб.ср}$ (рис. 26). Эти параметры рассчитаны при двух давлениях топлива на выходе из распыливающего отверстия форсунки — при $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа (впрыскивание без противодавления — в атмосферу) и при $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа. Примерно до поперечного сечения № 7 ($l_{р.тек}$ = 0,7 мм) характеристики указанных параметров потока для случаев с противодавлением и без него достаточно близки. После этого сечения различия в указанных параметрах возрастают. Их максимальные различия имеют место в выходном сечении распылителя — в сечении № 11 ($l_{р.тек}$ = 1,1 мм). Это обусловлено более высоким давлением топлива на выходе из распыливающего отверстия, его повышенной турбулизацией, конденсацией газовой фазы.

Проведенный комплекс расчетных исследований показал, что при использовании нефтяного дизельного топлива и эмульгированного биотоплива, содержащего 70 % рапсового масла и 30 % этилового спирта параметры потока этих топлив в проточной части распылителя форсунки и, в частности, в распыливающих отверстиях форсунки имеют некоторые различия. Так, поскольку рассматриваемое эмульгированное биотливо является высоковязким (см. табл. 3, "Грузовик" № 8, 2017 г.), то и скорости его течения оказались заметно меньшими по сравнению с нефтяным дизельным топливом (см. рис. 12 и 23). Обращает на себя внимание и существенно меньшая турбулентная энергия потока эмульгированного биотоплива по сравнению с нефтяным дизельным топливом (см. рис. 14 и 26), что также обусловлено высокой вязкостью рассматриваемого эмульгированного биотоплива. Так, при наличии противодавления $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа и работе на нефтяном дизельном топливе средняя по поперечному сечению распыливающего отверстия на выходе из него аксиальная скорость течения нефтяного дизельного топлива составляет $V_{акс.ср}$ = 224,7 м/с (см. табл. 4), а у эмульгированного топлива — $V_{акс.ср}$ = 188,7 м/с (см. табл. 5). Соответственно, в этом сечении турбулентная энергия потока нефтяного дизельного топлива оказалась равна $E_{турб.ср}$ = 2198,9 м^2/с^2 (см. табл. 4), а у эмульгированного топлива — $E_{турб.ср}$ = 1452,4 м^2/с^2 (см. табл. 5).

Такая картина течения рассматриваемых нефтяного дизельного топлива и эмульгированного биотоплива в проточных частях исследованного распылителя позволяет предположить наличие различий и в характере протекания дальнейших процессов распыливания топлива, смесеобразования и сгорания. Существующие различия распределений энергетических характеристик потоков рассматриваемых топлив, безусловно, окажут влияние и на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля, работающего на исследуемых видах топлива. Но следует отметить, что меньшие скорость течения эмульгированного биотоплива и турбулентная энергия его потока отчасти компенсируются дополнительной турбулизацией струй этого топлива за счет низкой температуры испарения этилового спирта, вызывающей резкое ("взрывоподобное") испарение капель этилового спирта, что способствуют более качественному распыливанию эмульгированного биотоплива.

Таблица 5

Распределение средних значений параметров потока эмульсии 70 % рапсового масла и 30 % этилового спирта по сечениям распыливающего отверстия при впрыскивании в атмосферу — при $p_{вых}$ = 0,1 МПа и при противодавлении $p_{вых}$ = 8,878 МПа

Номер сечения	Значение $l_{р.тек}$, мм	Среднее давление топлива, МПа		Средняя аксиальная скорость (м/с)		Средняя объемная доля газовой фазы		Значение $l_{р.тек}$, мм	Средняя объемная доля капель этилового спирта		Средняя турбулентная энергия ($м^2/с^2$)	
		$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа		$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 0,1 МПа	$p_{топл.вых}$ = = 8,878 МПа
0 (вход)	0	21,15	21,20	122,9	121,9	0,032	0,032	0	0,278	0,278	2,9	23,6
1	0,1	8,49	8,50	167,7	167,7	0,243	0,243	0,1	0,218	0,218	110,3	135,9
2	0,2	3,75	3,75	188,8	188,9	0,304	0,304	0,2	0,202	0,203	150,5	181,6
3	0,3	1,61	1,61	203,8	203,8	0,329	0,329	0,3	0,197	0,197	176,5	211,5
4	0,4	0,70	0,70	214,9	215,0	0,340	0,339	0,4	0,196	0,196	215,7	254,7
5	0,5	0,33	0,34	223,1	223,1	0,343	0,343	0,5	0,196	0,197	257,8	300,5
6	0,6	0,19	0,23	229,1	228,9	0,344	0,343	0,6	0,197	0,198	299,6	346,2
7	0,7	0,13	0,27	233,7	232,6	0,343	0,339	0,7	0,199	0,200	340,1	392,2
8	0,8	0,11	0,85	237,3	229,1	0,342	0,317	0,8	0,200	0,207	378,1	456,2
9	0,9	0,09	2,81	240,3	213,1	0,341	0,238	0,9	0,201	0,232	413,4	628,4
10	1,0	0,07	6,03	242,7	190,7	0,340	0,083	1,0	0,203	0,289	445,9	1049,2
11 (выход)	1,1	0,10	8,88	258,4	188,7	0,336	0,012	1,1	0,204	0,319	475,8	1452,4

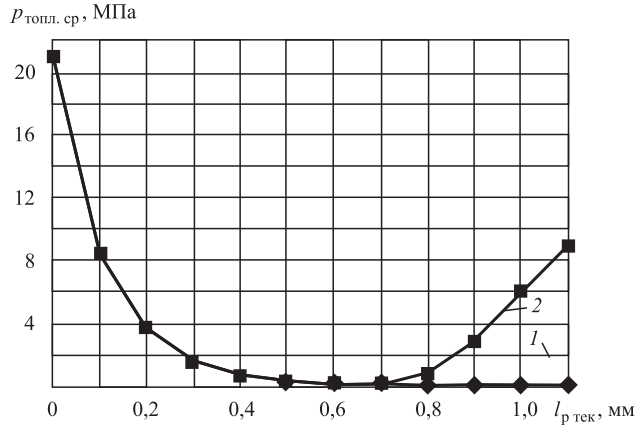


Рис. 22. Зависимость среднего по сечению давления эмульгированного топлива $p_{топл.ср}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{р.тек}$:

1 — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа; *2* — $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа

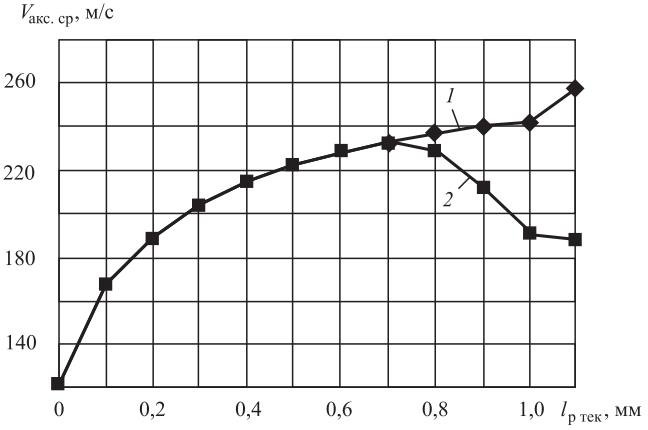


Рис. 23. Зависимость средней аксиальной скорости течения эмульгированного топлива $V_{акс.ср}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{р.тек}$:

1 — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа; *2* — $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа

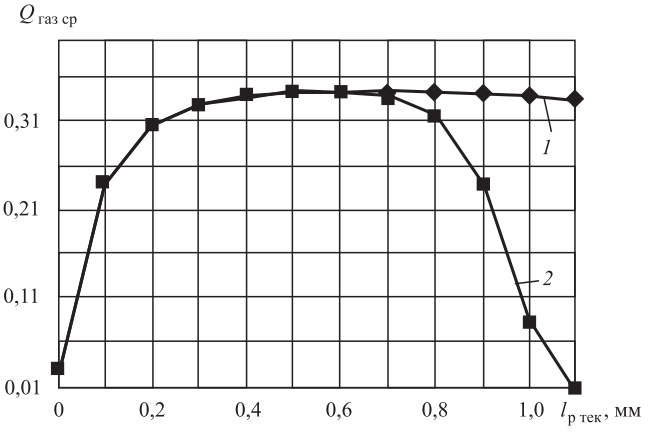


Рис. 24. Зависимость средней объемной доли газовой фазы эмульгированного топлива $Q_{газ.ср}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{р.тек}$:

1 — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа; *2* — $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа

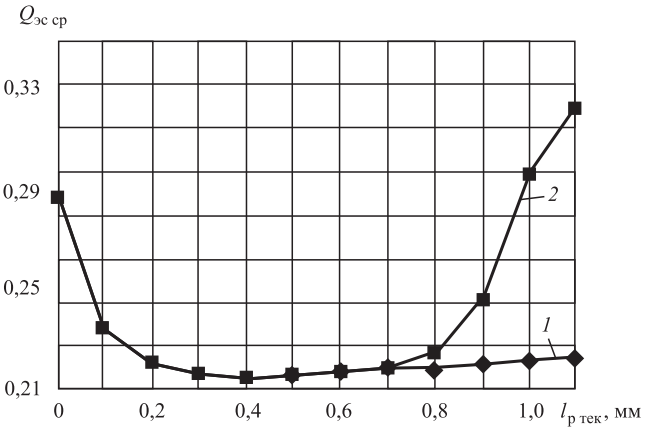


Рис. 25. Зависимость средней объемной доли капель этилового спирта в эмульгированном топливе $Q_{газ.ср}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{р.тек}$:

1 — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа; *2* — $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа

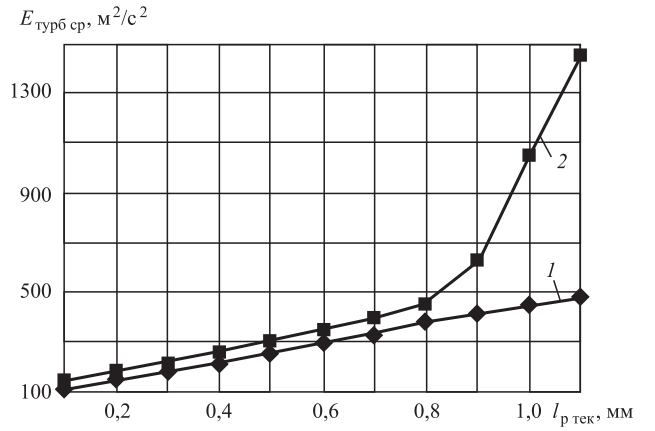


Рис. 26. Зависимость средней турбулентной энергии потока эмульгированного топлива $E_{турб.ср}$ от текущей длины распыливающего отверстия $l_{р.тек}$:

1 — $p_{топл.вых}$ = 0,1 МПа; *2* — $p_{топл.вых}$ = 8,878 МПа

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. **Муо Т.** The Effect of Fatty Acid Composition on the Combustion Characteristics of Biodiesel (A Disserta-

tion 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.

УДК 629.113.004.67

В. А. Янчевский, канд. техн. наук, МАДИ
E-mail: v.jan81@rambler.ru

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШИН НА ТРАНСПОРТЕ

Автомобильные шины влияют на безопасность движения автомобиля, поэтому подпадают под государственное регулирование. В статье дан обзор документов данной направленности. Рассмотрены вопросы норм пробега шин, норм давления воздуха в шинах, так как это связано с экономическими затратами и экологическим воздействием шин на окружающую среду.

Ключевые слова: *автомобильные шины, параметры технического состояния шин, нормативные документы, нормы пробега шин, нормы давления воздуха в шинах.*

Tires affect the road-traffic safety, that is why they get under state regulations. This article provides an overview of the documents in this field. Questions of the tire mileage and appropriate inflation pressure are risen, as it is associated with economic costs and ecological impact of tires on the environment.

Keywords: *tires, parameters of tire conditions, regulations, tire mileage standards, tire inflation pressure.*

(Рисунки на 2-й полосе обложки)

Шины относятся к той категории элементов автомобиля, которые подпадают под государственное регулирование. Нормативными актами определены требования к техническому состоянию шин и правила комплектования ими автомобиля. Обоснованно это тем, что от шин в значительной степени зависит дорожная безопасность, они также опасны своими экологическими "остатками".

Эксплуатационный показатель — ресурс шин — определяет затраты на их приобретение и содержание. Этот показатель требует контроля уже по экономическим соображениям. Централизованное нормирование периода пребывания шины на автомобиле (в километрах пробега) в нашей стране было только до 90-х годов прошедшего периода. В зарубежной практике нормирование пробега шин централизованно или заводами-изготовителями не проводится.

Нормативная база по техническим требованиям к шинам периодически обновляется. Но по управлению ресурсом шин, а основой здесь являются нормы их пробега, нормативная или хотя бы методическая база, соответствующая текущему периоду, отсутствует.

В приводимом ниже обзоре проведена систематизация и разъяснение документов (руководств) по затронутым направлениям. Ряд документов актуальны, другие уже не имеют правовой силы и методически устарели. Но в практической деятельности ими частично пользуются, поскольку ничего другого нет, а они косвенно направлены на снижение эксплуатационных затрат на шины.

Документы представлены по датам их принятия от последнего к предыдущему, учитывая, что последние акты имеют приоритет.

Акты государственного регулирования технического состояния шин

Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 "О безопасности колесных транспортных средств" (утв. решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877). Это основной документ настоящего периода, определяющий государственную политику к транспортным средствам с позиции их безопасности. Содержит приложения, которые периодически обновляются с указанием даты изменения.

В Приложении 10 Технического регламента дан "Перечень требований к типам компонентов транспортных средств". Здесь приведены общие требования к колесам автомобиля (п. 19), даны требования к зимним шинам, предназначенным для шипования, приводятся основные требования к шипам в шине, к их геометрическому положению (п.п. 20, 21, 116). Даны требования к шинам запасных колес для временного использования, требования к восстановленным шинам (п.п. 23, 24).

Приложение 8 содержит "Требования к транспортным средствам, находящимся в эксплуатации".

Разделом 5 установлены требования к шинам и колесам.

Пункты 5.1 — 5.5 содержат условия комплектации.

Пункты 5.6 — 5.7 регламентируют технические условия, которым должны удовлетворять шины в эксплуатации. Это значения остаточной предельной глубины рисунка протектора и типы повреждений шин, при которых дальнейшая их эксплуатация невозможна. Здесь даны новые требования к остаточной предельной глубине рисунка протектора (4 мм) зимних шин и шин с обозначением M + S. Уточняется, что данное требование должно соблюдаться **"во время эксплуатации ... на обледеневшем или заснеженном дорожном покрытии"**. Данное уточнение при грамотном его толковании дает возможность обоснованно увеличить период пребывания шин данного типа на автомобиле.

Следует отметить, что требования к предельному техническому состоянию шины оказывают влияние на величину пробега, которую шина может достичь. Этим, в конечном итоге, определяется ресурс шины, потенциальные ее возможности.

Пункты 5.7—5.8 устанавливают правила комплектования автомобилей шинами после текущего ремонта в виде углубления рисунка протектора (шины типа Regroovable) и капитального ремонта — реновация ресурса шины наложением (наваркой) нового протектора. Эти требования также оказывают влияние на конечные ресурсные показатели шины. Дано разъяснение по шинам Regroovable, протектор которых углублен **"методом нарезки в соответствии с документацией изготовителя шин"**. Этим снимается ограничение, которое есть в некоторых отраслевых документах, что нарезка протектора должна выполняться специалистом. Это требование у технической службы предприятий вызывало опасение выполнять нарезку протектора своим персоналом, например, вулканизаторщиком, когда было проблемно привлекать сторонние сервисные организации. Вследствие этого в настоящее время огромное количество шин Regroovable снимают с эксплуатации с потерей потенциального ресурса в 20 — 40 тыс. км. Этим увеличиваются утилизационные отходы.

В данных пунктах приведены ограничения по использованию шин, прошедших реновацию. В обобщенном виде они представлены в табл. 1.

В Техническом регламенте приводится **"Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований данного технического регламента".** Следует отметить, что большинство стандартов уже находятся за периодом своего действия, но поскольку ссылка на них есть, то актуальности они не потеряли.

В данный перечень, в частности, включен ГОСТ 51709—2001 **"Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки"**. По дате введения данного ГОСТа (2002.01.01) и периоду его действия документ прямую юридическую силу утратил. Но, учитывая, что Технический регламент приводит этот ГОСТ как нормативный документ, применение его в практической деятельности, видимо, допустимо. В ГОСТе 51709—2001 содержатся технические требования к автомобильному колесу (шине) и даны

Таблица 1

Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 018/2011) "О безопасности колесных транспортных средств"
УСЛОВИЯ п. 5.8.3
Комплектации автомобиля шинами с отремонтированными местными повреждениями и шинами Regroovable после нарезки протектора
(*ТС — транспортное средство, + — допустимо*)

Код	Тип ТС	Оси		
		Передняя	Средняя	Задняя
M1	ТС средства для перевозки пассажиров и имеющие, кроме водителя, не более восьми мест для сидения — легковые автомобили			+
M2	ТС для перевозки пассажиров; имеющие, кроме водителя, более восьми мест для сидения, максимальная масса не более 5 т			+
M3	ТС для перевозки пассажиров, имеющие, кроме водителя, более восьми мест для сидения, максимальная масса более 5 т		+	+
N (1—3)	ТС для перевозки грузов (до 3,5 т/12 т/и выше); другие автомобили на их шасси		+	+
O	Принципы (полуприцепы) к ТС категорий L, M, N	+	+	+
УСЛОВИЯ п. 5.8.1. НЕ ДОПУСТИМО применение шин, восстановленных наложением нового протектора, на передней оси любых ТС				

методы определения предельного технического состояния, которые определяют пробег (ресурс) шин.

Постановление Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 г. № 720 "Об утверждении технического регламента о безопасности колесных транспортных средств" (в соответствии с Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании").

Регламент содержит требования к шинам и колесам, образцы маркировки шин, правила комплектования автомобилей шинами согласно категориям их восстановления наложением (наваркой) нового протектора (класс 1, 2, Д ...).

Последние лет 10—15 шиновосстановительные заводы принимают шины в ремонт, как правило, без повреждений кордного материала в зоне боковин и (некоторые, как, например, Michelin) не более двух слоев брекера (рис. 1) в зоне протектора. Следовательно, восстановление нынче проводится только по классу 1. Но учитывая, что ситуация в шинной отрасли может измениться, на рынке шинных услуг могут появиться новые расширенные предложения, требования данного Регламента могут оказаться актуальными.

Остальные основные требования данного документа практически полностью вошли в Технический регламент Таможенного союза.

При обзоре актов государственного регулирования следует отметить **Письма Министерства финансов СССР "О порядке определения затрат на восстановление износа и ремонт автомобильных шин"**. Письма издавались периодически с интервалом примерно 5—7 лет. Последнее — от 25 сентября 1978 г., № 90. Они содержали нормы пробега для шин того периода с привязкой к регионам по административному делению. Данный документ, естественно, отменен и устарел по информативности, но он был единственным, где рассматривались вопросы нормирования пробега автомобильных шин, и он оказался прототипом для одной последующей разработки, о которой будет сказано ниже.

Особенностью данных писем было то, что они не были направлены на решение задач технического характера. У них было чисто фискальное направление: посредством норм пробега шин обеспечивать постоянство списания с предприятий средств на так называемые амортизационные отчисления.

Нормы были установлены для шин по их размерам (без учета моделей и изготовителей) при комплектации ими автомобилей определенных марок. Нормы были усредненные, привязывались к территориям — республика, край, область, отдельные крупные города.

В зависимости от условий эксплуатации нормы можно было корректировать. Например, для шин грузовых автомобилей нормы можно было снижать на 15 % при работе в карьерах, на 10 % — при постоянной работе на дорогах горного профиля, с прицепом или полуприцепом и пр.

Для решения финансовых вопросов такой подход был допустим, так как при разнообразии размеров шин на предприятии неточности норм и фактических пробегов усреднялись. Несовпадения с реальностью в денежном выражении по отношению к общим финансовым затратам предприятия оказывалось незначительным.

Когда нормы пробегов применяли для целей технического контроля за шинами, а это предусматривает оценку работы каждой отдельной шины, то несовпадение реальных пробегов шин к норме могло составлять 60 % в меньшую сторону и 20 % в сторону превышения нормы.

Акты отраслевого регулирования технического состояния шин

В перечне документов рассматриваемой направленности с позиции данного обзора особое внимание заслуживает **Письмо Министерства транспорта** Российской Федерации № 03-01/10-2830ш, от 24 августа 2012 г. **"О рассмотрении обращения по вопросу норм эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств"**.

Согласно данному письму **"Департамент государственной политики в области автомобильного и городского пассажирского транспорта Министерства транспорта Российской Федерации рассмотрел в части имеющейся компетенции обращение по вопросу норм эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств и сообщает. Нормы эксплуатационного пробега автомобильных шин <u>определяются заводом — изготовителем автомобильных шин</u>"** (подчеркнуто автором).

Письмо подписано директором Департамента государственной политики в области автомобильного и городского пассажирского транспорта.

Следует отметить, что в данном письме содержится серьезная техническая неточность. Заводы — изготовители автомобильных шин в вопросах ресурса шин определяют только условия гарантийного периода. Продолжительность этого гарантийного периода определена российским законодательством, что распространяется и на зарубежные шины, которые на рынке могут быть только после сертификации и, следовательно, при соблюдении российских условий.

Заводы-изготовители никогда не показывают ресурсные характеристики своих шин, так как эта информация является конъюнктурно уязвимой. В редких случаях при переговорах с заказчиком

может быть дана словесная сравнительная оценка (разница в пробегах) "своих" шин и шин "ближайшего конкурента". Появляющиеся иногда сведения о пробегах (ресурсах) каких-либо конкретных шин имеют очень локальный характер. Они вряд ли могут иметь широкое применение, так как каждое предприятие имеет свой подвижной состав, производственную базу ТО и ТР, условия работы транспорта.

Временные нормы эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств (РД 3112199-1085—02) разработаны в Научном центре "Технический уровень и безопасность транспортных средств" Федерального государственного унитарного предприятия "Государственный научно-исследовательский институт автомобильного транспорта". Утверждены Министерством транспорта РФ 4 апреля 2002 г. Первоначальный срок действия до 1 января 2004 г. Распоряжением Министерства транспорта РФ от 5 января 2004 г. (№ АК-1-р) срок был продлен до 1 января 2007 г.

Данный документ по своей направленности является единственным за последние примерно 40 лет.

В документе указано, что он **"...предназначен для работников автотранспортных предприятий и других организаций, эксплуатирующих автотранспортные средства на территории Российской Федерации, в целях планирования потребности в шинах, проведения финансовых расчетов, определения уровня тарифов и обеспечения расчетов по налогообложению предприятий".** Пояснений, что эти нормы предназначаются и для технической службы автопредприятий, для контроля за использованием шин в эксплуатации — нет. По своему подходу, структуре и намеченным целям Временные нормы эксплуатационного пробега частично повторяют письма Министерства финансов СССР, которые рассматривались выше.

Эксплуатационная норма пробега должна обеспечивать контроль выполнения каждой отдельной шиной своего ресурса. Этим решаются экономические и экологические задачи. Численные величины, приведенные в данном документе, для расчета финансовых показателей по предприятию могут быть использованы, так как отличия по отдельным маркам автомобилей или моделей шин в конечном итоге усредняются. Но при индивидуальном контроле за каждой шиной несовпадения значительные. Эффекта, который должен быть от технического нормирования, достигнуть не удается. Возможно, поэтому контроль за эксплуатацией шин в настоящее время находится на очень низком уровне.

Разнообразие типоразмеров шин, которое в настоящее время предлагает рынок, значительно больше, чем приведено в документе. Также расширился типаж подвижного состава. Учитывая и условия эксплуатации невозможно централизованно назначать нормы "на все случаи жизни".

Документом предусмотрено, что для новых моделей шин и новых марок автомобилей, для которых не установлены нормы эксплуатационного пробега шин, руководитель предприятия вправе ввести в действие приказом по предприятию временную норму на основании средних пробегов списанных шин. Срок действия временных норм не должен превышать два года. Пробеги списанных (снимаемых) шин являются статистическим рядом. По нему рекомендуется определять средний пробег группы (партии) шин, при необходимости провести корректировку.

Даны рекомендации по следующему расчету.

"Норма эксплуатационного пробега шины ($Н_i$) получается умножением среднестатистического пробега шины на поправочные коэффициенты:

$$Н_i = Н \cdot K1 \cdot K2,$$

где Н — среднестатистический пробег шины, тыс. км; $K1$ — поправочный коэффициент, учитывающий категорию условий эксплуатации автотранспортного средства; $K2$ — поправочный коэффициент, учитывающий условия работы автотранспортного средства".

Здесь допущен серьезный технический просчет. При корректировке норм за основу предлагается брать величину среднестатистического пробега шин на предприятии. Но этот пробег был реализован с учетом всех негативных условий, с которыми "сталкивалась" шина и из-за них теряла часть своего потенциального ресурса. Ввод поправочных коэффициентов приводит к тому, что расчетная норма будет ниже, чем реально реализуемый пробег шин с учетом "полученных" потерь. Дисциплинирующего значения такая норма иметь не будет.

Следует отметить, что практика использования поправочных коэффициентов широко применяется при корректировке пробегов автомобилей между техническими обслуживаниями. Но здесь за базу берется пробег в наилучших условиях эксплуатации, пробег максимальный, а не среднестатистический.

При разработке норм пробега надо первоначально выявить причины и величину образовавшихся потерь ресурса шин, затем, с учетом возможности устранения этих потерь, среднестатистический пробег увеличивать. Это и будет прогрессивная норма для управления расходом шин в эксплуатации с целью его снижения.

"Правила эксплуатации автомобильных шин. АЭ 001-04" (утв. распоряжением Минтранса РФ от 21.01.2004 № АК-9-р). Срок действия истек.

Документ регламентирует порядок использования шин, содержит требования к техническому состоянию шин (этим он совпадает с рассмотренными выше документами), содержит рекомендации по контролю за эксплуатацией шин. С позиции данного обзора особый интерес представляет раздел "Учет работы автомобильных пневматических шин". Изложенный материал указывает, что конечной задачей является учет и планирование расходов на обновление шин. Указывается, что **"Расходы на восстановление износа и ремонт автомобильных шин включаются в состав материальных затрат в расходах по обычным видам деятельности организации в пределах норм, утверждаемых Минтрансом России, что указывается в учетной политике организации"**.

Таким образом, оказывается, что раздел "Учет работы автомобильных пневматических шин" в основном направлен на выполнение задач бухгалтерии по учету материальных ценностей при их приобретении и списании. Вопросы технической направленности, в частности, как контролировать использование шиной своего ресурса, не изложены. Объяснить это можно тем, что "Временные нормы эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств", на которые приводится ссылка, выполнить эту техническую задачу не могут — они очень усредненные и, как указывалось, предназначены решать задачи несколько другой направленности.

О том, что выполненный шиной пробег должен сопоставляться с нормой, косвенно указано в "Карточке учета работы автомобильной шины". Там есть строка — "Эксплуатационная (гарантийная) норма пробега". Однако в самом документе — в Правилах эксплуатации автомобильных шин — нет пояснений, где брать норму, с какой целью сопоставлять реальный и нормативный пробеги.

К группе отраслевых документов, несмотря на давний срок разработки, следует отнести **"Рекомендации по управлению ресурсом шин на автотранспортных предприятиях"**, разработанные МАДИ по заказу Министерства транспорта РСФСР и утвержденные Научно-техническим отделом Министерства. Этот документ остается (несмотря на устаревание отдельных позиций) единственным, где представлена "Информационная система учета шин и управления их ресурсом". Система состоит из трех первичных документов по учету, двух промежуточных накопительных (статистические данные) форм и шести форм отчетной итоговой документации — трех для бухгалтерии и вышестоящей организации и трех для технической службы. Последние три представляют собой "Сведения об использовании ресурса шин", "Сведения о характере износа протектора снятых шин", "Сведения о причинах утилизации шин". Это та информация, по которой администрация АТП может принимать обоснованные технические решения.

Данный подход позволяет получать среднестатистические данные о реализации ресурса шин в условиях конкретного предприятия, выявить реальные потери ресурса в случае неравномерного, а следовательно, повышенного износа протектора вследствие повреждений шин, приводящих к их преждевременной утилизации. Кроме того, данная информационная система формирует базу статистических данных для разработки внутренних для предприятия норм пробега шин под конкретный подвижной состав, что допустимо.

Нормирование давления воздуха в шинах

Данный вопрос стоит "особой строкой" в системе нормирования. Общепринято давление в шинах устанавливать в соответствии с этикеткой, установленной обычно на торце передней двери или лючке топливно-заливной горловины (на легковом автомобиле, к примеру). Там, как правило, указывается размер шины, крайне редко — ее производитель, но практически никогда — модель шины (рис. 2).

В настоящее время модельный ряд шин очень обширен. Новый комплект шин, приобретаемый для автомобиля, часто бывает другого модельного ряда, а не того, что был при первичной комплектации (которая, кстати, периодически тоже меняется, а этикетка — нет).

На боковинах шин часто указывают максимальное давление в шине (рис. 3) при максимальной нагрузке на нее, и оно заметно отличается от давления, которое указано на этикетках. К примеру, на шинах первичной комплектации указано давление 3,2 bar. А на этикетке этого автомобиля — 2 bar (см. рис. 2). Не очень хочется предполагать, как будет вести себя этот автомобиль при 2 bar в шинах на скоростной загородной дороге, особенно, если на ней выбита колея, к тому же дует порывистый боковой ветер.

Еще непонятнее ситуация оказывается, если обратиться к официальным документам, а это государственные стандарты. В ГОСТе Р 52900—2007 "Шины пневматические для легковых автомобилей и прицепов к ним. Технические условия", например, для шин обычного профиля, на 16 дюймов при нагрузке 500 кгс рекомендовано давление 2,0 bar (0,2 MPa). Известно, что при меньших нагрузках на шину давление (для улучшения комфортности) рекомендуется снижать. Для данного примера это будет заметно ниже 2,0 bar. Стоит ли удивляться, если автомобиль при таком давлении на большой

скорости занесет на встречную полосу при прямолинейном положении рулевого колеса.

На боковине реальной шины тоже на 16 дюймов, но низкопрофильной, что на рис. 3, указано давление 3,4 bar. Этим подтверждается, что общепринятые (на "заре" развития шинной промышленности) тенденции назначения давления заметно и опасно могут не подходить для конкретной модели шин. Этикетки в большинстве случае содержат общие сведения.

Возникает законный вопрос: что, давление на этикетках неправильное? Нет, это давление допустимое, но минимальное, "комфортное" для неперегруженного автомобиля и на скоростях примерно до 100 км/ч (состояние покрытия в данном случае не рассматривается). А "какой русский не любит быстрой езды?"

Есть рекомендации по корректировке давления при изменении условий эксплуатации, но широкой доступности они не имеют и практически не соблюдаются.

Нормы давления воздуха в шине при ее накачивании установлены для +20 °С окружающей среды. При более низких температурах давление в шинах следует увеличивать из расчета 0,14 бара на каждые 10 °С.

Некоторые производители автомобилей, которые к вопросам безопасности своих потенциальных покупателей относятся с должной ответственностью, в "Руководствах по эксплуатации" дают доступное толкование этого условия (табл. 2).

Таблица 2

Температурная компенсация давления в шине

Температура окружающей среды °С (°F)	Компенсация давления, бар (psi)
+20 (68)	В соответствии с этикеткой
+10 (50)	+0,14 (2,14)
0 (32)	+0,28 (4,28)
−10 (14)	+0,41 (6,41)

Есть и другие рекомендации, которые следует знать и соблюдать, чтобы пониженное давление воздуха в шинах не привело к ДТП:

давление надо контролировать в "холодных" шинах. Это через 3 ч после длительного движения или не более 3 миль после начала движения;

повышать давление в шинах на 0,3 bar при предстоящем движении на скоростных дорогах;

повышать давление на 0,2 bar в зимних шинах;

не снижать давление воздуха в шинах при их нагреве в процессе движения; давление может увеличиться на 0,4 bar; это нормальное явление, это давление, при котором шина должна работать.

Разумно повторить, что истинная информация о давлении для конкретной модели шин указана на боковине (см. рис. 3). Эта величина дана для условий полной загрузки шины. И это безопасно. Следовательно, и в более облегченных условиях такое давление (или около того) безопасно. Конечно, комфортность автомобиля несколько ухудшится. Но надо выбрать, что приоритетней.

Заключение

Можно сказать, что требования к техническому состоянию с позиции безопасности движения шин достаточно хорошо обеспечены нормативно-правовой базой и находятся под государственным надзором. В определенной степени объясняется это тем, что безопасность относится к группе социальных факторов.

Вопросы экономного расходования шин и, следовательно, сокращения бесконтрольной утилизации огромных объемов использованных шин (в основном в природных условиях, что также относится к группе социальных факторов) выпали из-под контроля и государственного управления. В значительной мере это вызвано отсутствием норм эксплуатационного пробега шин, а правильнее, невозможности их применять, если они установлены едино и централизованно.

Ранее существовавшие нормы основывались на статистических данных после 2—3 лет нахождения шин в эксплуатации. Но тогда новые модели шин рынок предлагал очень редко, теперь постоянно. Следовательно, большая группа шин при первичном их вводе в эксплуатацию длительный период остается без контроля за использованием ресурса. Требуются новые методические решения.

Бесконтрольность за эксплуатацией шин приводит к ДТП, повышенным затратам на шины, увеличенным объемам их утилизации. Захоронение шин остается актуальнейшей экологической проблемой (рис. 4), так как переработка шин по-прежнему малорентабельна. Если в стране ежегодно в эксплуатацию поступает более 50 млн шин, значит, примерно такое же количество должно и сниматься. Где они?

В прошедший период сотрудники МАДИ были привлечены автомобильной отраслью к разработке методических подходов и рекомендаций по расчету норм пробега шин. Эти разработки позволяют вопрос нормирования пробега шин решать индивидуально, применительно к конкретному автотранспортному предприятию, его подвижному составу и условиям эксплуатации. Инженерно-технический персонал АТП может для своих целей самостоятельно разрабатывать нормы пробега как временные, что не противоречит рассмотренным выше документам.

Некоторые части этой работы планируются к публикации в следующих номерах журнала.

УДК 656.13

М. А. Кудряшов, аспирант, e-mail: sparky5@yandex.ru,
А. В. Шаталова, магистр, МАДИ, e-mail: zoolywka@yandex.ru

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

В статье проведен анализ нормативно-правового регулирования в области транспортного обеспечения инвалидов и других маломобильных групп населения (МГН), а также анализ международного и отечественного опыта по организации транспортного обслуживания МГН. На основе данных полученных в ходе социологических опросов выделены основные проблемы доступности транспортной инфраструктуры г. Москвы. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: *маломобильные группы населения, транспортное обслуживание, нормативно-правовое регулирование.*

In article the analysis of standard and legal regulation in the field of transport service of disabled people and other handicapped groups of the population (HGP), and also the analysis of the international and domestic experiment on the organization of transport service of HGP is carried out. On the basis of the data obtained during the sociological polls the main problems of availability of transport infrastructure of Moscow are allocated. The directions of further researches are defined.

Keywords: *people with limited mobility, transportation, legal regulation.*

Введение

По состоянию на 2016 г. в Москве проживает около 1,2 млн человек с ограниченными физическими возможностями [1].

Учет потребностей инвалидов и других маломобильных групп населения (МГН) — одна из самых ответственных задач, решаемых при планировании транспортной инфраструктуры, технологии организации перевозочного процесса и государственном регулировании транспортной деятельности.

Уровень качества транспортного обслуживания МГН во многом зависит от соответствия показателей перевозочного процесса нормативным требованиям.

Конвенция ООН о правах инвалидов была подписана Российской Федерацией в 2008 г. и ратифицирована в 2012 г. Основным принципом конвенции является наиболее полное вовлечение инвалидов в общество путем обеспечения им доступа наравне с другими группами населения к транспортным услугам, информации, связи и другим объектам и услугам.

Основой законодательства по обеспечению доступности для инвалидов и других МГН служит Конституция РФ. Статья 7 гласит: "Российская Федерация — социальное государство, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека". Важным условием для реализации прав и свобод для людей с ограниченными возможностями является создание безбарьерной среды.

В России с 1992 г. Указом Президента "О мерах по формированию доступной для инвалидов среды жизнедеятельности" началось активное преобразование среды с учетом потребностей инвалидов. В 1995 г. принят Федеральный закон "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" [2], в котором заложены базовые положения, необходимые для формирования доступной для инвалидов окружающей среды. В Статье 15 данного закона прописана необходимость обеспечения беспрепятственного доступа лиц с ограниченными возможностями к объектам социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры. Статья 16 предусматривает административную ответственность юридических и должностных лиц за уклонение от исполнения требований по обеспечению беспрепятственного доступа инвалидов к объектам инфраструктуры города.

Анализ нормативно-правового регулирования в области транспортного обеспечения маломобильных групп населения

С 1 января 2016 г. вступил в действие Федеральный закон от 1 декабря 2014 г. № 419-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам социальной защиты инвалидов в связи с ратификацией Конвенции о правах инвалидов" [3]. В части транспортного обслуживания населения он вносит изменения в "Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта" [4] путем внесения отдельных глав, регулирующих транспортное обслуживание инвалидов. Также были внесены изменения [2], в частности, было отмечено, что все требования по обеспечению доступа инвалидов к объектам инфраструктуры распространяются только на те объекты, которые с 1 января 2016 г. будут введены в эксплуатацию впервые или после реконструкции либо модернизации. Однако собственники существующих объектов, в случае если их невозможно полностью приспособить к нуждам инвалидов, также обязаны принимать меры для обеспечения доступа маломобильных граждан.

С целью интеграции инвалидов в общество и повышения их уровня жизни была разработана государственная программа "Доступная среда" на 2011—2020 гг. [5].

Согласно основным положениям программы необходимо разрешить следующие задачи:

— оценка доступности приоритетных объектов и услуг для маломобильных групп населения;

— осуществление мероприятий, направленных на обеспечение доступности приоритетных объектов и услуг для маломобильных групп населения.

В составе целевых показателей (индикаторов) Государственной программы — показатель: "доля доступных для инвалидов и других МГН приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры в общем количестве приоритетных объектов", который по состоянию на 2020 г. должен достигнуть 68,2 %.

Для реализации мер по улучшению доступности объектов инфраструктуры для инвалидов в субъектах РФ была разработана "Примерная программа субъекта РФ по обеспечению доступности объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп граждан" [6].

В указанной программе имеются целевые показатели, касающиеся транспортного обслуживания МГН:

— доля доступных приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры в общем количестве приоритетных объектов субъекта Российской Федерации;

— доля парка подвижного состава, оборудованного для перевозки инвалидов и других маломобильных групп граждан, в парке этого подвижного состава субъекта Российской Федерации;

— доля станций метро, доступных для инвалидов и других маломобильных групп граждан, в общем количестве станций метро (при наличии данного вида транспорта) субъекта Российской Федерации.

Основным документом, определяющим уровень качества транспортного обслуживания для МГН, является Распоряжение Минтранса России от 31 января 2017 г. № НА-19-Р "Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным городским наземным электрическим транспортом" [7].

В данном стандарте вводятся показатели доступности остановочных пунктов, автовокзалов, подвижного состава, ценовой доступности. Однако не выделены отдельные критерии, необходимые для обеспечения доступности разных категорий МГН на указанных объектах транспортной инфраструктуры. Без выделения таких критериев оценка будет менее корректной, поскольку при несоблюдении хотя бы одного критерия доступности по данной методике весь объект будет признаваться недоступным для всех категорий МГН. Также не обозначены критерии пешеходной доступности остановочных пунктов. В стандарте предлагается минимальное кратчайшее расстояние до остановочного пункта в зависимости от категории объекта и природно-климатических условий.

В стандарте вводится показатель надежности транспортного обслуживания, который определяется коэффициентом соблюдения расписания, показатель комфортности поездки. При этом не учитывается информационное обеспечение пассажиров до начала поездки (в том числе необходимая информация о доступности объектов инфраструктуры в сети Интернет). Также в стандарте для всех указанных показателей не учитывается их значимость.

Требования к перевозчикам установлены приказом Министерства транспорта РФ "Об утверждении Порядка обеспечения условий доступности для пассажиров из числа инвалидов транспортных средств автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта, автовокзалов, автостанций и предоставляемых услуг, а также оказания им при этом необходимой помощи" [8]. В приказе предложена оценка доступности транспортных средств и услуг путем составления владельцами объектов и перевозчиками паспортов объектов.

Используются также показатели доступности, которые рассчитываются как удельный вес объектов (услуг, транспортных средств), соответствующих определенным требованиям доступности от общего количества объектов (услуг, транспортных средств).

В г. Москве в настоящее время действует закон города Москвы "Об обеспечении беспрепятственного доступа инвалидам и иным маломобильным гражданам к объектам городской среды в городе Москве". Согласно данному закону все объекты транспортной инфраструктуры должны быть оснащены специальными приспособлениями для доступа и пользования маломобильными гражданами. Указанным актом не допускается закупка для государственных нужд города Москвы подвижного состава для общего пользования, не адаптированного для МГН.

Специальным Постановлением Правительства Москвы [9] предусмотрено дальнейшее совершенствование работы по приспособлению объектов инфраструктуры города Москвы для нужд инвалидов и иных маломобильных граждан, определены обязанности руководителей органов исполнительной власти г. Москвы.

Специальные требования, отражающие положения вышеприведенных законопроектов и постановлений, приводятся в соответствующих стандартах, правилах и нормах. Так, например, свод правил "Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения" в части объектов транспортной инфраструктуры регулирует требования к устройству наземных и внеуличных пешеходных переходов, к пешеходным путям, к автомобильным стоянкам, к зданиям вокзалов. В своде правил "Общедоступные здания и сооружения, доступные маломобильным группам населения. Правила проектирования" в части объектов транспортной инфраструктуры утверждены требования к зданиям вокзалов пассажирского транспорта. К своду правил разработаны дополнительные изменения, которые вступили в силу 08.05.2017 г.

МГСН "Нормы и правила проектирования комплексного благоустройства на территории города Москвы" определяют необходимость проектирования благоустройства с учетом беспрепятственного передвижения маломобильных групп граждан. Свод правил "Городская среда. Правила проектирования для маломобильных групп населения" определяет основные элементы и принципы построения безбарьерной среды. В сфере транспортной инфраструктуры прописаны требования к транспортным и пешеходным коммуникациям, к стоянкам, к транспортно-пересадочным узлам. В области транспортного обслуживания рассматривается выбор схемы обслуживания, необходимость создания специальных служб для перевозки инвалидов. К своду правил разработаны дополнительные изменения, которые вступили в силу 21.04.2017.

Государственный стандарт "Средства общественного пассажирского транспорта. Общие технические требования доступности и безопасности для инвалидов" утверждает требования к конструкции и оборудованию подвижного состава, к вспомогательным посадочным устройствам (подъемные устройства, рампы). Также имеются ГОСТы с требованиями к каждому виду общественного пассажирского транспорта "Автобусы для перевозки инвалидов. Общие технические требования" и "Вагоны трамвайные. Технические требования для перевозки инвалидов".

ГОСТ "Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования" устанавливает требования к поверхности и форме рифления тактильных указателей, а также определяет необходимые места их размещения. В ОДМ 218.2.007—2011 "Методические рекомендации по проектированию мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам дорожного хозяйства" определены подробные требования (применительно к обеспечению доступности МГН) к остановочным пунктам, к наземным регулируемым и нерегулируемым пешеходным переходам, к внеуличным пешеходным переходам.

Анализ международного и отечественного опыта по организации транспортного обслуживания МГН

В США основным законом, регулирующим права инвалидов, является Акт об американцах с инвалидностью [10].

Акт гарантирует инвалидам равенство при поступлении на работу, при пользовании общественным транспортом, при посещении публичных и коммерческих учреждений. В сфере транспортного обслуживания законом предусматривается закупка только такого подвижного состава, который адаптирован для инвалидов. Также в законе изложены требования с точки зрения доступности к автобусным, железнодорожным вокзалам и другим объектам транспортной инфраструктуры.

Созданием доступной среды для маломобильных граждан в Евросоюзе занимается специальная комиссия, которая создает соответствующие регламенты для всех стран-членов ЕЭС [11]. Также наряду с государственными органами в создании безбарьерной среды участвуют общественные организации и благотворительные союзы.

В странах Европы для обеспечения транспортного обслуживания маломобильных граждан в основном

используются маршруты общественного транспорта (80 %), поскольку он более развит (доля общественного транспорта составляет 20—30 % всего объема перевозок пассажиров). В США общественный транспорт получил меньшее развитие (6—8 % от общего объема перевозок), вследствие чего перевозка маломобильных граждан в основном осуществляется с использованием специализированного транспорта [12].

Большой объем работы по формированию безбарьерной среды был проделан в г. Сочи при подготовке к Паралимпиаде 2014 г. [13].

На вокзалах и посадочных платформах пригородных поездов была применена тактильная плитка для инвалидов по зрению. Все голосовые оповещения дублируются бегущей строкой. Для входа в вагон электропоезда предусматривается откидной пандус. Кроме того, места остановки вагонов, адаптированных для МГН, обозначаются специальными знаками контрастного цвета.

Большая часть надземных пешеходных переходов оборудована автоматическими лифтами, подходы к ним отмечены тактильной плиткой. Кроме того, для облегчения ориентации слабовидящих или слепых инвалидов в пространстве города были установлены тактильные мнемосхемы с дублированием информации шрифтом Брайля.

Для систематизации всех мероприятий для инвалидов и МГН создана электронная карта города [14], на которую нанесены социально значимые объекты городской инфраструктуры с обозначением уровня доступности объекта, его описанием и фотоснимками. База данных регулярно обновляется, также существует функция обратной связи с пользователями сайта.

В Санкт-Петербурге внедрена система "Говорящий город" [15]. Это система, информирующая инвалидов по зрению о приближении к объектам инфраструктуры. Для функционирования системы необходима установка оборудования на объекты инфраструктуры и наличие абонентского устройства у пользователя, которое через наушники передает информацию об объекте.

В Санкт-Петербурге данной системой уже оснащено 95 % трамваев и троллейбусов и 474 автобуса.

Кроме Санкт-Петербурга система "Говорящий город" также внедряется в г. Сочи, г. Краснодаре, а также в Краснодарском крае.

Анализ доступности транспортной инфраструктуры города Москвы

В настоящее время в Москве существуют проблемы доступности различных объектов инфраструктуры для маломобильных групп населения. Так, вес доступных административных зданий по разным округам составляет 25—30 % от общего количества [1]. Одной из причин является недостаточность критериев учета требований доступности, поскольку инфраструктура города в основном сложилась до законодательного внедрения требований о доступной для инвалидов среде [1].

Анализ ранее выполненных исследований показывает необходимость разработки системы качества транспортного обслуживания населения [16—20]. Согласно данным исследованиям первичным предполагается определение основных критериев, их систематизация и оценка их важности.

По результатам анализа данных социологического опроса были выявлены проблемы доступности наземного городского пассажирского транспорта для МГН и систематизированы по этапам поездки. Вот некоторые из них.

1. Проблемы пешеходной доступности остановочного пункта:

1.1) отсутствие тактильной плитки при движении к остановочному пункту;

1.2) наличие ступеньки на возвышенную платформу остановочного пункта;

1.3) отсутствие пандуса.

2. Павильон остановочного пункта:

2.1) невозможность разместиться инвалиду-колясочнику под навесом остановочного пункта;

2.2) неудобные лавочки;

2.3) отсутствие информации с указанием единого номера телефона, по которому можно позвонить и уточнить время прибытия пассажирского транспорта, узнать о возможных неполадках, заторах в движении, принять жалобу на работу наземного пассажирского транспорта, в том числе для инвалидов по зрению (с дублированием информации на шрифте Брайля).

2.4) на многих остановочных пунктах отсутствует тактильная плитка для ориентирования инвалидов по зрению при посадке в транспортное средство;

2.5) информация о расписании располагается высоко, и инвалиду-колясочнику со своего места не видно;

2.6) для слабовидящих отсутствуют таблички со шрифтом Брайля и возможность воспроизведения информации о подошедшем подвижном составе (с озвучиванием номера маршрута, наименованием маршрута следования, доступность для МГН и другой информации);

2.7) информация о расписании неразличима в темное время суток;

2.8) отсутствие информации о времени прибытия доступного транспорта для МГН.

4. Посадка в подвижной состав:

4.1) 100 % парка подвижного состава должно быть оборудовано откидными аппарелями с низким уровнем пола;

4.2) большое расстояние от салона подвижного состава до платформы остановочного пункта;

4.3) отношение водителей наземного городского пассажирского транспорта, приводящее к невозможности совершить поездку МГН: неоказание помощи при посадке в подвижной состав, неопускание аппарели.

5. Поездка в транспортном средстве:

5.1) увеличенный пассажиропоток затрудняет размещение в салоне подвижного состава кресла-коляски инвалида, коляски для мам с маленькими детьми;

5.2) наличие системы крепления инвалидной коляски (ремней безопасности);

5.3) высокое расположение кнопки связи с водителем;

5.4) отсутствуют схемы маршрута движения общественного транспорта со шрифтом Брайля для слабовидящих пассажиров, не на всех маршрутах имеются электронные табло с названием остановочного пункта, а также не всегда работает система звукового информирования об остановке.

6. Выход из подвижного состава:

6.1) при высадке на платформу остановочного пункта имеет значение остановка подвижного состава вплотную к платформе, опускание водителем аппарели и оказание помощи водителем.

С 2011 г. в Москве ведутся работы по адаптации наземного транспорта к требованиям маломобильных пассажиров, закуплена новая техника, соответствующая всем необходимым требованиям. 100 % парка автобусов ГУП "Мосгортранс" будут приспособлены для перевозки маломобильных пассажиров к 2018 г. По данным ГУП "Мосгортранс", по состоянию на январь 2016 г. 90,7 % автобусов и 63,2 % троллейбусов имеют низкий уровень пола. В настоящее время функционирует 60 трамваев на севере и северо-западе Москвы, оборудованных для перевозки МГН. В 2017 г. планируется закупка еще 300 низкопольных трамваев.

Крупнейшим в России оператором оказания услуг по транспортному обслуживанию инвалидов по заявкам является филиал ГУП "Мосгортранс" "Служба организации социальных перевозок". По состоянию на февраль 2017 г. в филиале более 150 ед. подвижного состава оборудованы специальными подъемниками или пандусами. Ежедневно диспетчерская служба принимает более 1000 звонков, зарегистрировано более 18 000 пользователей. В будни подвижной состав совершает в среднем 600 поездок и 250 поездок в выходные.

Посадочные платформы в трамвай для маломобильных пассажиров оборудуются ограждением от проезжей части дороги, специальными пандусами для инвалидов-колясочников и расположены вблизи пешеходных переходов. Уровень поверхности посадочной платформы приравнен к нижней ступеньке дверного проема трамвайного вагона, а также адаптирован для всех низкопольных трамвайных вагонов нового поколения. На данный момент таких платформ насчитывается более 60.

Выбор специализированного транспорта для обслуживания инвалидов и МГН производится плановыми, административными органами с использованием процедуры торгов. При этом технические характеристики подвижного состава и специальные требования по доступности оговариваются в условиях конкурсов. При выборе подвижного состава следует учитывать состояние маршрутной сети и ее готовность к приему специального транспорта, а также объемы перевозок на маршрутах.

В Москве используются два типа подвижного состава — высокопольные модели, оборудованные подъемниками, и низкопольные (полунизкопольные), оснащенные откидной рампой.

В исследовании [12] установлено, что высокопольные модели с подъемниками не приспособлены для массового использования, поскольку применение подъемника существенно увеличивает время на посадку/высадку пассажира. При этом без помощи водителя пассажиры не могут использовать такой подвижной состав, а механизм подъемника не рассчитан на многократное использование.

Выводы

Анализ нормативно-правовых актов в области транспортного обеспечения МГН показывает, что с начала 90-х годов было принято множество законодательных актов, стандартов и государственных программ как на федеральном уровне, так и на уровне г. Москвы, направленных на улучшение транспортного обслуживания МГН. Однако анализ данных, полученных в ходе социологических опросов, позволяет сделать вывод, что многие объекты транспортной инфраструктуры еще недостаточно доступны для инвалидов. В целях определения эффективности принимаемых законодательных актов и проводимых мероприятий необходима разработка комплексной методики оценки транспортного обслуживания маломобильных граждан. Существующие в стандартах методики не учитывают значимости параметров качества для отдельных категорий МГН. Выявление параметров доступности и качества транс-

портного обслуживания для МГН, а также определение их значимости может быть осуществлено на основе социологических опросов. Полученные показатели уровня качества транспортного обслуживания позволят оценить эффективность принимаемых нормативно-правовых актов и проводимых мероприятий, направленных на улучшение транспортного обслуживания МГН.

Направлением дальнейших исследований должно стать проведение анализа методических подходов к оценке качества транспортного обслуживания МГН, а в случае необходимости — их совершенствование и доработка в части обоснования выбора критериев оценки качества транспортного обслуживания, а также методика их расчета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Постановление Правительства Москвы** от 17 февраля 2009 года № 115-ПП "О Годе равных возможностей в городе Москве и Стратегии повышения качества жизни инвалидов в городе Москве на период до 2020 года" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
2. **Федеральный закон** от 24.11.1995 № 181-ФЗ "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
3. **Федеральный закон** от 1 декабря 2014 г. № 419-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам социальной защиты инвалидов в связи с ратификацией Конвенции о правах инвалидов" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
4. **Федеральный закон** от 08.11.2007 № 259-ФЗ "Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
5. **Постановление Правительства РФ** от 01.12.2015 № 1297 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Доступная среда" на 2011—2020 годы" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
6. **Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ** от 06 декабря 2012 г. № 575 "Об утверждении примерной программы субъекта РФ по обеспечению доступности приоритетных объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп граждан" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
7. **Распоряжение Минтранса России** от 31 января 2017 г. № НА-19-Р "Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным городским наземным электрическим транспортом" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
8. **Приказ Минтранса России** от 1 декабря 2015 года № 347 "Об утверждении Порядка обеспечения условий доступности для пассажиров из числа инвалидов транспортных средств автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта, автовокзалов, автостанций и предоставляемых услуг, а также оказания им при этом необходимой помощи" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
9. **Постановление Правительства Москвы** от 16.03.2010 № 219-ПП "О мерах по обеспечению беспрепятственного доступа инвалидов и иных маломобильных граждан к объектам социальной, транспортной и инженерной инфраструктур города Москвы" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru
10. **The Americans with Disabilities Act** of 1990 (ADA) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ada.gov/
11. **Беспарточный Б. Д.** Безбарьерная среда для инвалидов: зарубежный опыт // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. — 2015. — № 3 (6). — С. 8—10.
12. **Сафронов К. Э.** Безбарьерная городская среда. 2-е изд. доп. и перераб. — Омск: Золотой тираж, 2011.
13. **Интервью** с начальником управления социальной политики администрации города Сочи, координатором муниципальной программы "Доступная среда" Н. Гончаровой [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.miloserdie.ru/
14. **"Карта доступности"** [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.kartadostupnosti.ru/
15. **Официальный сайт** проекта "Говорящий город" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://speakingcity.org/
16. **Блудян Н. О., Рощин А. И., Антонов М. Н.** К вопросу минимальных социальных стандартов транспортного обслуживания населения // ВИНИТИ РАН. — 2009. — 754-В2009. — С. 9.
17. **Блудян Н. О., Рощин А. И., Антонов М. Н.** Оценка критериев и нормативов обеспеченности регулярными пассажирскими перевозками на автомобильном транспорте // ВИНИТИ РАН. — 2009. — 753-В2009. — С. 14.
18. **Блудян Н. О., Пасынский А. А., Михайлов Е. Ф.** Обоснование и разработка комплексной системы качества транспортного обслуживания населения в московской агломерации // В мире научных открытий. — 2015. — 6 (66). — С. 251—260.
19. **Блудян Н. О., Антонов М. Н.** Критериальная оценка обеспеченности населения региона транспортным обслуживанием // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2009. — № 3. — С. 110—113.
20. **Блудян Н. О.** Оценка уровня транспортного обслуживания населения региона // Автомобильный транспорт. — 2008. — № 2. — С. 24—27.

УДК 629.113

А. Б. Комов, канд. техн. наук, доцент, **П. Б. Комов,** канд. техн. наук, доцент, АДИ ГОУ ВПО Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ), г. Горловка
E-mail: volga4388@yandex.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Информатизация транспорта на основе информационных технологий и информационных систем указывает на интенсивный процесс смены парадигмы всей транспортной отрасли.
По результатам научно-исследовательской работы предлагается обозначить основные аспекты новой "логистико-цифровой" парадигмы автомобильного транспорта и внести соответствующие предложения в проект государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" для уровня специалитета.

Ключевые слова: *техническая эксплуатация, организация, парадигма, интеллектуальная транспортная система, информатизация, специалист.*

Informatization of transport on the basis of information technologies and information systems points to an intensive process of changing the paradigm of the entire transport industry.
According to the results of the research work, it is proposed to identify the main aspects of the new "logistic-digital" paradigm of road transport and to make relevant proposals to the draft state educational standard of higher education in the field of training 23.05.01 "Ground transport-technological means" for the level of specialty.

Keywords: *technical operation, organization, paradigm, intelligent transport system, informatization, specialist.*

Специалистами автомобильного транспорта (АТ) Донбасса в содружестве с учеными ряда стран на протяжении многих лет проводится совместная научная работа по исследованию организации технической эксплуатации (ТЭ) в жизненном цикле (ЖЦ) подвижного состава (ПС) на этапе его использования [1—6].

По результатам этих исследований предлагается внести изменения в государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" для уровня специалитета.

Базой предложений явилась научно-исследовательская работа (НИР) на тему "Научно-практические основы организации виртуальных предприятий по управлению техническим состоянием подвижного состава в структуре интеллектуальных транспортных систем".

Тема НИР посвящена организационно-техническому аспекту проблемы повышения качества и надежности разработки и эксплуатации информационных систем (ИС) на АТ [7], где аспект качества и надежности ИС в целом обусловлен [8]:

— зависимостью решения проблемы от уровня организации общественного производства, но прежде всего, от уровня организации конкретных систем и структурных подразделений, осуществляющих непосредственное внедрение ИС;

— невозможностью экспериментальной проверки проектных решений ИС до момента внедрения уже написанных, отлаженных компьютерных программ и полной отработки их операций, выполняемых персоналом на практике.

Актуальность НИР определена:

— становлением в современном мире электронно-цифрового общества, что сформулировано в Окинавской Хартии глобального информационного общества, принятой лидерами "восьмерки" 22.07.2000 г., где указано, что информационные технологии (ИТ) являются одним из наиболее важных факторов, влияющих на формирование общества XXI века;

— Посланием Президента Российской Федерации (РФ) Федеральному Собранию РФ от 1.12.2016 г., где сформулировано поручение Правительству РФ о разработке совместно

с Администрацией Президента РФ в срок до 1.06.2017 г. программы "Цифровая экономика", которая обязана предусмотреть меры по созданию правовых, технических, организационных и финансовых условий для развития цифровой экономики и ее интеграции в пространство экономики государств — членов Евразийского экономического союза;

— становлением на АТ транспортной телематики, т. е. интеллектуальных транспортных систем (Intelligent Transport Systems — ITS), что сегодня предусмотрено в стратегических, политических и программно-целевых документах всех развитых стран [9, 10, 12].

Научная идея НИР состоит в решении проблемы повышения качества и надежности ITS:

— на основе интеграции системы ТЭ как основополагающей системы обеспечения технической безопасности ПС — важнейшего домена ITS;

— путем формирования в ТЭ новой логики организационных отношений и, соответственно, культуры труда (4-й составляющей условий эксплуатации), определяемой абсолютным приоритетом в ITS принципа "повышения безопасности и эффективности транспортных процессов", что невозможно без обеспечения технической безопасности ПС.

Объектом исследования в работе является информатизация ТЭ, которая представляет:

— комплекс мер, обеспечивающих оперативный доступ к информационным ресурсам (ГОСТ 7.0—99), т. е. совокупность взаимосвязанных организационных, правовых, политических, социально-экономических, научно-технических, производственных процессов, которые направлены на создание условий для удовлетворения информационных потребностей на основе строительства, развития и использования ИС, сетей, ресурсов и ИТ, что в целом базируется на широких возможностях современной вычислительной и коммуникационной техники.

Предметом исследования выступает организация ТЭ, которая:

— обозначает либо процесс упорядочения элементов в целенаправленное единство, либо уже упорядоченное состояние элементов (структуру), что в целом характеризует каждую систему как производную от продукта организаторской деятельности;

— является, во-первых, важнейшей характеристикой каждой системы, так как указывает на ее энтропию и, во-вторых, является третьим обязательным условием в системотехническом обосновании систем.

Методологическая основа НИР — системный подход. В работе использованы методы сравнения, анализа и синтеза уже имеющихся на АТ статистических и эмпирических данных, а также данных теоретико-экспериментальных исследований НИР, что в целом направлено на познание и развитие науки и практики организации ТЭ. В качестве научной базы организации использованы:

— генезис организации, т. е. единство познания этапов жизненного цикла ПС, что в работе осуществлено на стыке дисциплин: системотехника; теория организации; кибернетика; теория автоматизированного управления; теория надежности; теория ТЭ;

— парадигма организации в целом, которая позволила на АТ выделить время как единое общее, присущее всему и, прежде всего, организации ITS, а также установить различия в организации современных областей знаний, и на этой основе дифференцировать методики их прикладного использования в ТЭ.

Цель НИР — повышение эффективности организации ТЭ на основе информатизации.

Для достижения цели в работе решены следующие задачи.

1. Предложена методика исследования организации ТЭ.

2. Определено организационное поведение (ОП), стратегия, тактика ТЭ и предложены ее системотехнические основы организационного проектирования в условиях, определяемых современной информатизацией АТ.

3. Сформулированы научно-технические мероприятия интеграции ТЭ в ITS и концептуальная модель организации ТЭ на основе использования современных ИТ.

4. Разработана натурная модель организационных структур и процессов ТЭ — виртуальный логистический центр (Virtual Logistics Center — VLC) для управления техническим состоянием ПС в условиях современной информатизации.

5. Составлено техническое задание на организационное проектирование VLC в условиях культуры труда АТ, определяемой современными ИТ.

Связь НИР с научными программами, планами, темами базируется на развитии научного направления "Системотехника АТ" [12—15], которое является ведущим направлением в исследованиях, проводимых на кафедре "Техническая эксплуатация и сервис автомобилей" Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ).

Современным этапом развития системотехники в отрасли является проектирование челове-

ко-машинных, т. е. автоматизированных систем управления техническим состоянием ПС на основе внедрения современных ИТ в систему технического обслуживания и ремонта, предложенную учеными ХНАДУ — систему ОР-Д-УН (Обязательные Работы — Диагностика — Устранение Неисправностей), которая в Украине явилась основой ее первого отраслевого "Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта" [16] и основой проекта нового Положения [17].

Научную новизну НИР определяют.

1 — процесс познания организации ТЭ как:

— социотехнической системы на основе методологии МЭТУК (Методика → Экономика + Техника + Управление → Конкурентоспособность), а также на основе системотехнического и тезаурусного подходов;

— социальной культуры, определяемой возникновением рынка технического сервиса машин, ITS и использования информационных технологий (концепции непрерывной информационной поддержки поставок и ЖЦ (Continuous Acquisition and Lifecycle Support — CALS), чей тезаурус позволил сформулировать в ТЭ новую политику менеджмента — *Y*-парадигму.

2 — организационное проектирование ТЭ в виде последовательности организации информации, направленной на создание трехмерной информационно-временной системы, отражающей в ТЭ ее предпринимательскую стратегию, тактику, а также мониторинг процессов на микро-, мезо-, макро- и мега-уровнях, определяемых временем их продолжительности, что обусловлено:

— временной моделью организационной эффективности;

— ОП систем ТЭ и КЭ в обеспечении эффективности ЖЦ современных ПС.

3 — основы новой "логистико-цифровой" парадигмы организации ТЭ, которая отражает ее интеграцию в ITS и использует принцип интегрированной логистической поддержки (Integrated Logistic Support — ILS), где оценка каждой единицы ПС ведется по параметру стоимости ЖЦ (Life Cycle Cost — LCC), что в целом рекомендовано стандартами MIL-STD-1388 (США) и DEF STAN 00-60 (Великобритания, Евросоюз).

4 — комплекс практических положений по организации VLC, что основано на интеллектуальной модели организации ТЭ.

Практическая ценность НИР состоит в разработке технического задания на создание VLC по оказанию предпринимателям АТ информационных и организационных услуг для обеспечения работоспособного технического состояния ПС в условиях ITS.

Итог НИР: в целом есть "очерчивание" на АТ новой "логистико-цифровой", т. е. третьей парадигмы транспорта.

В ней применены термины:

— "цифра" отражает современное состояние и развитие, как общества в целом, так и отрасли АТ, а также автостроения, что базируется на многогранном и безграничном использовании ИТ и ИС;

— "логистика" на АТ отражает название логистической функции, т. е. *S*-образную кривую бесконечных по своей численности процессов совершенствования (оптимизации) современной человеческой деятельности и создаваемых человеком систем.

Человек в современной "логистико-цифровой" парадигме транспорта рассматривается как предприниматель, что является аксиомой, обусловленной предпринимательским этапом в развитии мирового капитализма (1980 г. — наши дни); требованиями ЮНЕСКО, которые изложены этой организацией в ее докладе международной комиссии по образованию, где выпускник высшей школы рассматривается как предприниматель, т. е. новый экономический человек общества, компетентность которого есть залог современного развития [18].

Развитием НИР является сфера образования, которая призвана "узаконить" на АТ становление "логистико-цифровой" парадигмы транспорта. Необходимо структурировать систему знаний и умений предпринимателя в отрасли, компетентный (competence) труд которого обязан базироваться на компетенции (competency) — совокупности способностей, определяющих современное поведение предпринимателя, где главной является способность целостного системного и, соответственно, системотехнического восприятия и замещения существующего дробления производственных функций. Это обусловлено "интеллектуализацией машин и "дематериализацией труда" — общими векторами экономического развития мира в XXI веке.

На АТ предприниматель (*Пр*) определяет организационное поведение (ОП) отрасли в современной социальной среде (*Сс*), т. е. ее культуру труда (*Кт*-условия) в сфере эксплуатации ПС, которая является итогом системотехнического формирования компетентностей человека (*Ч*) в среде (*С*), поведение (*П*) которого описывает в теории ОП традиционно функция К. Левина, которую для АТ целесообразно представить в виде зависимости:

$$П = f(Ч,С) \rightarrow \text{ОП} \rightarrow Кт = f(Пр,\ Сс) \rightarrow$$
$$\rightarrow competency \rightarrow \text{системотехника.}$$

Теория ОП как наука — это в целом составляющая теории организации, изучение которой следует признать сегодня основополагающим требованием к высшему образованию по программам специалитета направления подготовки (специальности) 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства".

Изучение теории организации и использование ее парадигмы как системообразующего фактора в построении, развитии, применении единого и стройного научного мировоззрения, системы теоретических знаний и практических навыков позволит специалисту-транспортнику предотвратить и устранить ошибки в областях профессиональной деятельности и аварии в ЖЦ объектов деятельности.

Область профессиональной деятельности выпускников программ специалитета специальности 23.05.01 — это предпринимательская деятельность в ЖЦ наземных транспортно-технологических средств, а также в высшем и среднем профессиональном образовании, где предпринимательство постоянно наращивает свои масштабы как в частном, так и в государственном секторе, что в целом (предпринимательство как область деятельности всех современных специалистов) является фактически аксиомой требований ЮНЕСКО и времени.

Объект деятельности — это наземные транспортно-технологические средства, а также это обязательно — организации, предприятия, объединения, занимающиеся разработкой, производством и эксплуатацией наземных транспортно-технологических средств, так как именно виды деятельности (проектно-конструкторская; производственно-технологическая; организационно-управленческая; научно-исследовательская), т. е. этапы ЖЦ транспортно-технологических средств с учетом их вида (специализации) определяют основу разработки и реализации программ подготовки специалистов, которые не могут реализовать свои компетенции вне стен (в том числе виртуальных) конкретных предприятий.

Поэтому все виды профессиональной деятельности специалиста специальности 23.05.01 следует обязательно рассматривать как виды производственного предпринимательства, где познание теории организации должно лежать у истоков программы подготовки специалиста-предпринимателя, что ему обеспечит:

— готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (общекультурная компетенция — ОК № 7);

— способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (общепрофессиональные компетенции — ОПК № 1).

Предпринимательство — это, прежде всего, целеустремленная деятельность по созданию "идеальных", наиболее совершенных (а не просто какие получаются) наземных транспортно-технологических средства, а также производственно-коммерческих систем и производственных отношений на каждом из этапов ЖЦ этих объектов профессиональной деятельности.

Однако это миссия логистики и, соответственно, логистического мышления, что характеризует логистику как общую методологию предпринимательства, которая и формирует "логистико-цифровую" парадигму транспорта и которая становится все более выраженной с внедрением в отрасль "умных" наземных транспортно-технологических средств.

В соответствии с чем "логистико-цифровая" парадигма должна быть отражена в соответствующих документах, определяющих подготовку специалистов-транспортников, где любой государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования — это:

— квинтэссенция парадигмы;

— официальное оформление сложившейся системы знаний в науке и практике того или иного направления деятельности человека.

Поэтому государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 23.05.01 обязан предоставлять предпринимателям на всех этапах ЖЦ наземных транспортно-технологических средств любой специализации целостное системотехническое видение объектов профессиональной деятельности, а программы подготовки специалистов, определяемые этапом ЖЦ объектов, — нацеливать специалистов (прежде всего инженеров-конструкторов) на применение концепции системотехнического подхода к проектированию объектов профессиональной деятельности. При этом практическая сторона "реализации системотехники" должна базироваться на использовании информационных и телекоммуникационных технологий, что в целом является залогом получения обществом наибольшего социально-экономического эффекта.

Задачи и, соответственно, программы подготовки специалистов (инженеров-технологов) в сфере производственно-технологической деятельности

обязаны базироваться на концепции комплексной автоматизации процессов, что в целом относится ко всем этапам (соответственно, программам) ЖЦ объектов профессиональной деятельности разной специализации. При этом работа должна ориентироваться на внедрение передовых научно-технических достижений в области машиностроения, эксплуатационной надежности, электроники, телематики, информатики, математики, экономики, организации производства с целью повышения качества как самих объектов профессиональной деятельности, так и выполняемых ими работ (услуг).

Задачи научно-исследовательской деятельности, которые наиболее характерны для специалистов в области высшего и среднего профессиональном образовании, обязаны отвечать становлению в современном мире электронно-цифрового общества. Однако для каждого этапа (т. е. программ подготовки специалистов) ЖЦ объектов — это задачи, ориентирующие специалистов на процессы информатизации, глобализации и виртуализации, происходящие во всех сферах экономики, на создание рынка информации и управления в дополнение к традиционным рынкам товаров, труда и капитала, где главным является:

— проведение теоретических и экспериментальных исследований проблем проектирования, производства и эксплуатации объектов профессиональной деятельности в виде сложных машин и информационных систем;

— исследование, выбор и разработка методик анализа, синтеза, прогнозирования и оптимизации качества и надежности процессов и структур в областях и объектах профессиональной деятельности;

— использование информационных экспертных систем (expert system — ES) искусственного интеллекта (artifical intelligence — AI) для анализа состояния и перспектив развития областей и объектов профессиональной деятельности;

— разработка математических моделей, методов, компьютерных технологий и систем поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектно-конструкторской деятельности, управлении технологическими, экономическими, социальными системами и в гуманитарных областях профессиональной деятельности инженера специальности 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства";

Современные задачи предпринимательской деятельности инженера в условиях развития "логистико-цифровой" парадигмы АТ не менее обширны. Для инженера каждого этапа ЖЦ объектов профессиональной деятельности (конструкторов, технологов, инженеров эксплуатации) они основаны на реализации в их деятельности концепции корпоративных информационных систем (КИС), т. е. комплекса программно-аппаратных средств, работающих в едином информационном пространстве и обеспечивающих бизнес-процессы организации стратегических информационных систем (strategic information systems — SIS), где главным является:

— определение целей и задач предпринимательской деятельности в ЖЦ наземных транспортно-технологических средств;

— регулирование предпринимательской деятельности предприятий, организаций и их объединений, занимающиеся разработкой, производством и эксплуатацией наземных транспортно-технологических средств;

— использование системы бизнес-планирования (Enterprise requirements planning — ERP) на основе методологии (стандарта) MRP — II в сочетании с модулем финансового планирования (Finance requirements planning — FRP), т. е. набора принципов, моделей и процедур управления и контроля, служащих повышению показателей экономической деятельности предприятий;

— использование корпоративной информационной системы (Customer relationship management — CRM) для эффективного маркетинга, продаж и обслуживания клиентов предприятий ЖЦ объектов профессиональной деятельности;

— использование информационных систем класса Business intelligence (BI), предназначенных для построения отчетов и анализа информации о деятельности предприятий и их окружения в ходе работы над задачами, связанными с принятием решений на основе фактических данных.

Вывод

ИТ и ИС являются основой современной информатизации транспорта, а его достаточно бурное и трудно прогнозируемое, но вместе с тем эффективное развитие указывает на интенсивный процесс смены парадигмы отрасли.

На АТ уже сформировалась новая "логистико-цифровая" парадигма, которая настоятельно требует своего "официального оформления", где достаточно действенным официальным документом может стать разработка соответствующего государственного образовательного

стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" (уровень специалитета).

Принятие образовательного документа может явиться для парадигмы АТ, во-первых, сосредоточением ее познавательного потенциала, который регулирует смену любой парадигмы, и, во-вторых — дисциплинарной матрицей, характеризующей совокупность убеждений, ценностей, технических средств и т. д., которые объединяют специалистов в данное сообщество.

В истории транспорта России первым официальным документом смены его парадигмы явилось распоряжение министра путей сообщения № 7453 от 11.08.1896 г., в котором были фактически определены лишь условия безопасной эксплуатации самодвижущихся экипажей при их встрече с экипажами, запряженными лошадьми. В условиях становления Донбасса и, соответственно, становления систем образования и транспорта, государственный образовательный стандарт может явиться эффективным средством системотехнического подхода к построению этих двух (образование и транспорт) важнейших для любой страны систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Комов А. Б., Комов П. Б., Грицук И. В.** Повышение надежности трансмиссии транспортного средства: монография. — Донецк: ДонИЖТ, 2010. — 144 с.
2. **Математическое моделирование** на транспорте: процессы и структуры: монография / П. Б. Комов. А. Б. Комов, И. В. Грицук, Ю. В. Прилепский, В. М. Гущин, Р. И. Рыбалко, В. В. Коломиец. — Донецк: Изд-во "Ноулидж" (донецкое отделение), 2012. — 328 с.
3. **Волков В. П., Матейчик В. П., Никонов О. Я., Комов П. Б., Грицук И. В., Волков Ю. В., Комов Е. А.** Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография. — Донецк: Изд-во "Ноулидж" (донецкое отделение), 2013. — 400 с.
4. **Информаційні технології** в технічній експлуатації автомобілів: навчальний посібник / В. П. Волков, В. П. Матейчик, М. Смешек, П. Б. Комов, І. В. Грицук, Т. В. Волкова, Є. О. Комов. Під заг. ред. В. П. Волкова. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. — Донецьк: Вид-во "Ноулідж" (донецьке відділення), 2014. — 324 с.
5. **Интелектуальні системи** моніторингу транспорту: монография / Волков В. П., Матейчик В. П., Комов П. Б., Грицук І. В., Смешек М., Волкова Т. В., Цюман М. П. Під редакцією Волкова В. П. — Харків: Вид-во НТМТ, 2015. — 246 с.
6. **Системи прогріву** двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування: монографія / В. П. Волков, І. В. Грицук, Ю. Ф. Гутаревич, В. Д. Александров, В. П. Поддубний, Ю. В. Прилепський, П. Б. Комов, Д. С. Адров, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська, Т. В. Волкова. — Донецьк: ЛАНДОН-ХХІ, 2015. — 314 с.
7. **Комов А. Б., Комов А. П., Комов Е. А., Комов П. Б.** Основы организации информационной поддержки жизненного цикла изделий в системе технической эксплуатации автомобилей // Информационные технологии и инновации на транспорте. Материалы международной научно-практической конференции, под общей редакцией А. Н. Новикова (19—20 мая 2015 года). — Орел: ФГБОУ ВПО "Госуниверситет — УНПК", 2015. — С. 127—134.
8. **Леонтьев Е. А.** Надежность экономических информационных систем: Учеб. пособие. — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. — 128 с.
9. **Власов В. М.** Информационные технологии на автомобильном транспорте: учебник для студ. учреждений высш. образования / В. М. Власов, Д. Б. Ефименко, В. Н. Богумил. Под ред. В. М. Власова. — М.: Издательский центр "Академия", 2014. — 256 с.
10. **Пржибыл П., Свитек М.** Телематика на транспорте / Под ред. В. В. Сильянова. — М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2003. — 539 с.
11. **Краткое изложение** содержания трехтомника "Современная концепция безопасности дорожного движения" Амбарцумян В. В. / Под общ. ред. д. т. н., проф. В. В. Сильянова. — Лос-Анджелес: ИнфоПресс, 2008. — 112 с.
12. **Говорущенко Н. Я., Туренко А. Н.** Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). В двух частях. Ч. 1. — Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. — 255 с.
13. **Говорущенко Н. Я., Туренко А. Н.** Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). В двух частях. Ч. 2. — Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. — 219 с.
14. **Системотехника проектирования** транспортных машин: Учебное пособие / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко. — Харьков: ХНАДУ, 2002. — 166 с.
15. **Говорущенко Н. Я.** Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований): монография / Н. Я. Говорущенко. — Харьков: ХНАДУ, 2011. — 292 с.
16. **Положення** про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту. — Киев: Міністерство транспорту України, 1994. — 36 с.
17. **Положение** о профилактическом обслуживании и ремонте транспортных машин (Методические рекомендации). — Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. — 39 с.
18. **Делор Жак.** Образование — сокрытое сокровище. — М.: Московская школа политических исследований, 2002. — 472 с.

УДК 629.113

И. Ф. Дьяков, д-р техн. наук, профессор, Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск
E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

Изложен метод оптимального выбора автотранспортного средства для перевозки грузов на основе тягово-скоростных свойств. Показаны потери тяговой силы при движении, уточнена масса перевозимого груза в зависимости от тяговой силы с учетом сил сопротивлений.
Целью данной работы является уточнение массы перевозимого груза в различных условиях эксплуатации и возможность снижения эксплуатационных расходов на техническое обслуживание и текущий ремонт. Приведен критерий оптимальности режима нагружения транспортного средства и условия ограничения при эксплуатации. Показана область динамической устойчивости при движении автопоезда.

Ключевые слова: *производительность, оптимальная масса перевозимого груза, объем кузова, буксование колес, угол увода колес, силы сопротивления движению.*

There is a method for the optimal choice of vehicle for the carriage of goods by trailer-speed properties. The article is also about losing traction while driving, refined weight of cargo, depending on the traction force, taking into account the resistance forces.
The aim of the article is specification of cargo's mass in the various operating conditions and the possibility of reducing the operating costs for maintenance and repair. There is also information about optimality criterion load mode of the vehicle and limiting conditions of operation. Area dynamic stability when moving trains as well.
The study clarified the mass of transported cargo on asphalt and dirt roads for trucks.
Conclusion. The effectiveness of the use of vehicles is enhanced by rational loading.

Keywords: *Performance capacity, optimal weight of cargo, body space, wheel slipping, wheel slip angle, motion resistance force.*

В условиях эксплуатации автотранспортных средств (АТС) их стремятся использовать с максимальной грузоподъемностью и скоростью движения с целью повышения производительности. На начальном этапе при увеличении полной массы транспортного средства достигается максимум производительности, но в последующем использовании она уменьшается вследствие снижения средней скорости движения и количества отказов со значительными простоями на текущем ремонте. Поэтому непосредственно эти показатели не могут служить критерием выбора транспортного средства для перевозки грузов.

При определении полной массы и выборе транспортного средства как максимально приближенных к оптимальной величине необходимо проверить соответствие тягово-скоростных свойств действующим ограничениям. Например, автопоезд по ГОСТ 21398—89 должен развивать максимальную скорость не менее 85 км/ч, иметь установившуюся скорость на подъеме с уклоном 3 % и длиной 3 км, равную не менее 35 км/ч, и преодолевать подъем не менее 18 %.

Прежде чем выбрать транспортное средство, в первую очередь определяют его полную массу в зависимости от параметров кузова, структурной схемы, технологию перевозимых грузов. Численное значение полной массы транспортного средства является оптимальным и единственным, если отношение потенциальной энергии на выполнение транспортной работы к энергии по топливной экономичности достигает максимума.

Исходным параметром для расчета полной массы является грузоподъемность, которая обеспечила бы максимальное использование мощности двигателя при минимальной собственной массе. Грузоподъемность транспортного средства зависит от объема кузова, который обусловливается плотностью перевозимых грузов и заданной грузоподъемностью. Объем груза $V'_{гр}$, предполагаемого для перевозки, определяется по формуле:

$$V'_{гр} = m_{гр}/\rho \text{ или } V'_{гр} = V_{куз} + V_{шап}, \qquad (1)$$

где $m_{гр}$ — масса перевозимого груза; ρ — плотность груза; $V_{куз}$ — рабочий объем кузова; $V_{шап}$ — объем шапки пирамиды груза.

Из выражения (1) следует, что $V_{куз} = m_{гр}/\rho - V_{шап}$. Объем пирамиды равен одной трети произведения площади основания на высоту $V_ш = Ah_ш/3$, где A — площадь пола кузова; $h_ш$ — высота шапки.

Если в основании пирамиды (шапки) лежит квадрат со стороной, равной ширине кузова с внутренней стороны, то

$$h_ш = b\,\mathrm{tg}\,\alpha/2;\quad V_{шап} = b\,\mathrm{tg}\,\alpha/6$$
$$\text{или}\quad V_{шап} = m_{гр}/\rho - bA\,\mathrm{tg}\,\alpha/6,$$

где b — ширина кузова; α — угол естественного откоса груза.

Рабочий объем кузова равен:

$$V_{куз} = A(h - h_1), \qquad (2)$$

где h — высота бортов кузова с внутренней стороны; h_1 — расстояние от верхнего края борта до допускаемого уровня загрузки кузова.

Величина h_1 в зависимости от вида груза и дорожных условий эксплуатации подвижного состава колеблется в пределах 50...250 мм, тогда:

$$V_{куз} = A(h - 0,25). \qquad (3)$$

Из (2) и (3) следует, что:

$$Ah = 0,25 = m_{гр}/\rho - bA\,\mathrm{tg}\,\alpha/6;$$

$$Ah = m_{гр}/\rho = A(b\,\mathrm{tg}\,\alpha/6 - 0,25).$$

Произведение Ah есть не что иное, как геометрический объем кузова. Из полученной формулы геометрического объема кузова следует, что объем $V'_{гр}$ фактически размещенного груза может превышать геометрический объем кузова на величину, зависящую от угла естественного откоса перевозимого сыпучего материала. Например, при угле естественного откоса, равном 30° (в покое), объем фактически размещенного груза может быть больше геометрического объема кузова на 20...25 %.

При определении полной массы транспортного средства для конкретного маршрута правильнее и удобнее использовать технико-эксплуатационные свойства: производительность, которая помимо организационных факторов обусловлена номинальной грузоподъемностью $m_н$, коэффициент использования грузоподъемности k_γ и средняя техническая скорость $v_т$. Эти показатели связаны с тяговой силой на колесах с учетом сил сопротивлений и оказывают наибольшее влияние на производительность. Значение грузоподъемности при заданных тягово-скоростных свойствах и снаряженной массе автомобиля предварительно находят для случая установившейся скорости движения на высшей передаче, когда $D = \psi$, где D — динамический фактор автомобиля; ψ — суммарный коэффициент дорожного сопротивления движению. Тогда можно представить в первом приближении массу перевозимого груза транспортным средством в виде:

$$m_{гр} = \frac{1}{\psi\eta_{тр}j_x(1-\eta_б)}\left[\sum_{i=1}^{n}F_т\varphi - \sum_{i=1}^{m}F_f - F_w - F_и\right],$$

где $\psi = f \pm i$ — коэффициент суммарного дорожного сопротивления движению; f — коэффициент сопротивления качению колес; i — угол уклона дорожной поверхности; $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии; $F_т$ — полная тяговая сила на колесах; j_x — ускорение разгона транспортного средства; $\eta_б$ — коэффициент, учитывающий буксование ведущих колес; φ — коэффициент сцепления колеса с дорогой; F_f — сила сопротивления качению колес; n — число ведущих колес; m — число колес F_w — аэродинамическая сила сопротивления движению.

Значительные потери тяговой силы связаны с коэффициентом сопротивления качению f колеса при движении, особенно по грунтовым дорогам [1, с. 42]. Она обусловлена деформацией шины и гистерезисными потерями вследствие ее радиальной и тангенциальной (касательной) деформации. Работа, затрачиваемая на деформацию шины и поверхности грунта, зависит от конструкции и материала шины, а также от давления воздуха — чем больше давление воздуха в шине, тем меньше гистерезисные потери, связанные с ее деформацией. Образование колеи в общем случае является результатом деформации сжатия и выдавливания дорожного полотна катящимся колесом. При этом дорожное полотно с содержанием частиц воздуха в неглубоких углублениях сжимается, а неуплотняемое выдавливается в сторону. О характере перемещения частиц дорожного полотна можно судить по их траекториям под ведущим и ведомым колесами (рис. 1).

Частицы дорожного полотна, расположенные непосредственно под ведущим колесом, перемещаются по траектории a_0, a_1, a_2, a_3, a_4. Вначале частицы смещаются вперед (по стрелке v), по направлению качения колеса, а затем — назад, против направления качения, в результате чего колесо начинает пробуксовывать. Буксование колес наблюдается и на асфальтированных дорогах, вызывая износ протектора колеса [1, с. 34].

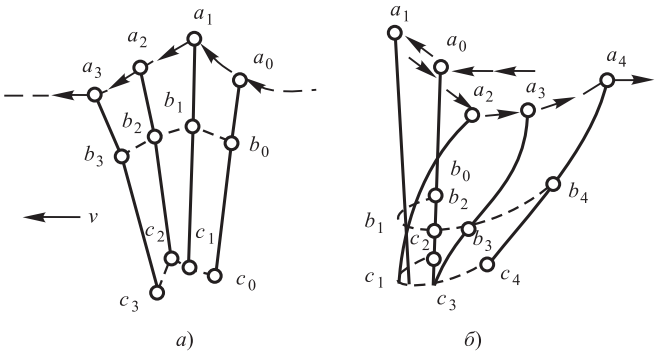


Рис. 1. Траектория перемещения частиц грунта в сторону направления качению колеса:
а – ведущего; *б* — ведомого

Частицы полотна под катящимся ведомым (или тормозящим) колесом (рис. 1, *а*, *б*) смещаются только вперед, что обусловливает характерное для этих колес качение со скольжением. Сопротивление качению колеса можно также объяснить тем, что равнодействующая нормальных реакций поверхности качения R_{z_i} при качении колеса смещается от его вертикального диаметра в сторону качения на некоторое расстояние (плечо) l, образуя относительно оси колеса момент сопротивления качению M_{f_i}, направленный против вращения колеса. Разделив момент M_{f_i} на динамический радиус колеса r_d, найдем силу сопротивления качению:

$$F_{f_i} = M_{f_i}/r_d = R_{z_i} l/r_d = R_{z_i} f_{\text{пр}} = G_{\text{к}} f_{\text{пр}},$$

где $G_{\text{к}}$ — сила тяжести, приходящаяся на колесо.

Величину $f_{\text{пр}} = l/r_d$ можно назвать приведенным коэффициентом сопротивления качению, тогда можно представить суммарные дорожные сопротивления в виде $\psi_{\text{к}} = f_{\text{пр}} \pm i$, а силу тяги на ведущих колесах $F_{\text{т}} = \dfrac{T_e}{r_k} u_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}}$, где T_e — крутящий момент двигателя; $u_{\text{тр}}$ — передаточное число трансмиссии. Тогда масса перевозимого груза составит:

$$m_{\text{гр}} = \frac{1}{\psi \eta_{\text{тр}} j_x (1 - \eta_{\text{б}})} \times$$
$$\times \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{T_e}{r_k} \varphi u_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{к}} - \sum_{i=1}^{m} F_f - F_w - F_{\text{и}} \right],$$

где $\eta_{\text{к}}$ — кпд колеса.

Значение оптимальной массы перевозимого груза можно получить при учете неустановившегося движения. Используя выражение ускорения разгона автомобиля, получим:

$$m_{\text{гр}} = \frac{1}{\psi j_x (1 - \eta_{\text{б}})} \times$$
$$\times \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{T_e}{r_{\text{к}}} \varphi u_{\text{тр}} \eta_{\text{к}} - \sum_{i=1}^{m} F_f - F_w - F_{\text{и}} \right]. \quad (4)$$

Далее, проанализировав результаты экспериментальных исследований при эксплуатации автомобилей разных марок, составим таблицу.

Из таблицы видно, что автомобиль ЗИЛ-4331 в условиях эксплуатации на асфальтированных дорогах можно использовать с прицепом грузоподъемностью до 7 т, на грунтовых — 5 т. Автомобили ГАЗ-3307 и КАМАЗ-4310 соответствуют исходным значениям.

Для случая работы двигателя с полной подачей топлива можно найти j_x из выражения:

$$j_x = (D - \psi_{\text{к}}) g/\delta_{\text{вр}}.$$

При такой постановке вопроса целесообразно провести оптимизацию параметров автомобиля с использованием энергетических свойств, так

Марка автомобиля	Снаряженная масса, т	Мощность двигателя, кВт	Суммарный коэффициент дорожного сопротивления движению	Значение массы перевозимого груза, т		Средние удельные простои на ТО и ТР, чел-ч/1000 т·км	
				исходные	скорректированные	фактические	уточненные
ГАЗ-3307	3200	87,5	0,2/0,3	4,0	4,6/3,6	0,18/0,23	0,25/0,28
ЗИЛ-4331	5500	136	0,2/0,3	6	13,0/11,2	0,51/0,78	0,42/0,63
КАМАЗ-4310	8410	154	0,2/0,3	8	8,22/6,58	0,48/0,54	0,45/0,54

как они в комплексе зависят от технико-эксплуатационных показателей.

Здесь учитываются общие энергетические затраты по расходу топлива Q_s и энергозатраты на выполнение транспортной работы. Отношение этих показателей характеризует кпд использования АТС. Отсюда и обобщенный критерий, который целесообразно применять для оптимального выбора полной массы АТС. Он представляет собой отношение потенциальной энергии на выполнение транспортной работы $J_e(S)$ к общим энергозатратам $J(Q)$, определяемым по расходу топлива Q_s:

$$\eta_{opt} = J(S)/J(Q) \to \max. \qquad (5)$$

Энергозатраты на выполнение транспортной работы зависят от конструктивных параметров и эксплуатационных свойств АТС:

$$J(S) = \left\{V_{\text{ср}}\left[\psi\left(k_\gamma\beta + \eta_\sigma\right) + 80\,z\right]g + F_w + F_{\text{и}}\right\}\times$$
$$\times\, t_{\text{дв}} 2{,}723\cdot 10^{-6}/\eta_{\text{тр}},$$

где $V_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения; k_γ, β — коэффициенты использования соответственно грузоподъемности и пробега; $\eta_\sigma = m_{\text{а}}/m_{\text{гр}}$ — коэффициент использования снаряженной массы автомобиля; $m_{\text{а}}$ — масса автомобиля; z — число пассажиров в кабине водителя; $F_{\text{и}}$ — сила инерции вращающихся и движущихся масс; $t_{\text{дв}}$ — время движения автомобиля.

Общие энергозатраты выражены так:

$$J(Q) = Q_s L \rho_{\text{т}} c_Q \eta_e \eta_{\text{к}} 1{,}162\cdot 10^{-3},$$

где Q_s — общий расход топлива, см^3/км; L — пройденный путь; $\rho_{\text{т}} = 0{,}73$ — плотность топлива; c_Q — теплотворная способность топлива; η_e — эффективный кпд двигателя.

При определении полной массы по обобщенному критерию оптимальности и выборе транспортного средства необходимо проверить условия ограничения, определяющие соответствие технических параметров условиям эксплуатации: тягово-скоростные, управляемость, устойчивость движения, маневренность, проходимость.

1. **Сила тяги.** Тяговое усилие на ведущем колесе идет на преодоление полезных сопротивлений, и поэтому работа этой силы на некотором пути, соответствующем, например, одному обороту колеса $n = 2\pi r_{\text{к}}$, будет являться работой сил полезных сопротивлений:

$$A_{\text{пс}} = F_{\text{т}_i}\gamma 2\pi r_{\text{к}},$$

где $F_{\text{т}}$ — тяговая сила колеса; γ — коэффициент тангенциальной эластичности шины (мм/Н).

Работа крутящего момента $M_{\text{кр}}$, подводимая на ведущее колесо на том же пути, равном $\varphi = 2\pi$, есть работа движущих сил:

$$A_{\text{дв}} = M_{\text{кр}}\lambda 2\pi r_{\text{к}},$$

где λ — коэффициент тангенциальной эластичности шины (мм/Н·м).

Таким образом, для ведущего колеса кпд составит:

$$\eta_{\text{к}} = \frac{A_{\text{пс}}}{A_{\text{дс}}} = \frac{F_{\text{т}_i}\gamma r_{\text{к}}}{M_{\text{ок}_i}\lambda} = \frac{F_{\text{т}_i}}{F_{\text{ок}_i}}\left(1 - \delta_{\text{бук}}\right) \geqslant \left[\eta_{\text{к}}\right],$$

где $F_{\text{ок}_i}$ — окружная сила, подводимая к колесу.

Ввиду малости значения отношений коэффициентов тангенциальной эластичности шин с учетом буксования колес можно в расчетах их не учитывать.

При выборе автопоезда в соответствии с ГОСТ 21398 должны обеспечиваться следующие условия:

— развивать максимальную скорость не менее 85 км/ч, $\upsilon_{\max} \geqslant [\upsilon] = 85$ км/ч;

— иметь установившуюся скорость на подъеме с уклоном 3 % и длиной 3 км, равную $\upsilon_{\text{уст}} \geqslant [\upsilon] = 35$ км/ч;

— преодолевать подъемы $i(\alpha)_{\max} \geqslant [i(\alpha)] = 18$ %.

Для дорожных автомобилей, когда можно считать $\sin\alpha_i = i$, $\cos\alpha = 1$, решая уравнение, получим:

$$i(\alpha)_{\max} = T_{e_{\max}} u_{\text{тр}}\eta_{\text{тр}}/\left(G_a r_{\text{д}} - f_0\right).$$

При повороте на транспортное средство действуют боковые силы и дополнительные моменты, которые увеличивают продольные реакции, а также крутящие моменты колес. Поэтому, чтобы транспортное средство поворачивалось с заданным радиусом, требуется выполнение двух условий.

Первым условием поворачиваемости является:

$$\frac{\sum F_{\text{пов}} - \sum F_{\text{к}}}{G_{\text{а}}} \leqslant D - f,\ f_{\text{доп}} \leqslant D - f,$$

где $\sum F_{\text{пов}_i}$ — сумма дополнительных сил сопротивления движению, возникающих на всех колесах при повороте автопоезда.

Используя понятие о коэффициенте сцепной силы тяги колес, имеем:

$$k_\varphi^0 = \frac{\sqrt{\left(R_x\right)^2 + \left(R_y\right)^2}}{\varphi_x R_z},$$

где R_x, R_y, R_z — реакции ведущих колес относительно оси XYZ.

При установившемся круговом движении транспортного средства с прицепом все его звенья имеют единый центр поворота. В результате увода колес центр поворота полуприцепа при $\upsilon \approx 0$ смещен относительно его заднего моста на расстояние $C_{по}$ [2, с. 94]. При повышении скорости движения силы инерции изменяют соотношение боковых реакций мостов, увеличивая углы увода δ_i и смещение $C_{по}$ центра поворота, рис. 2. Углы увода мостов полуприцепа находят max:

$$\delta_3 = (L - C_п); \ \delta_4 = C_п / R_{пр},$$

где L — база тягача; $C_п$ — величина смещения центра поворота; $R_{пр}$ — радиус поворота прицепа.

На рис. 2 показаны основные параметры автомобиля с прицепом и радиусы поворота. Радиусы поворота середины соответственно переднего, второго и третьего мостов:

$$R_1 = R_т(\cos\theta - \delta_1); \ R_2 = R_т/\cos\delta_2; \ R_3 = R_т/\cos\delta_2,$$

где $R_т$ — радиус поворота тягача:

$$R_{пр} = \sqrt{R_{оп}^2 - (L_5 - C_п)^2}; \ R_{оп} = \sqrt{R_т^2 + (C_т - 0,5l)^2},$$

где $C_т$ — величина смещения центра поворота тягача.

Радиусы середины соответственно четвертого и пятого мостов выражены:

$$R_4 = R_{пр}/\cos\delta_4; \ R_5 = R/\cos\delta_5,$$

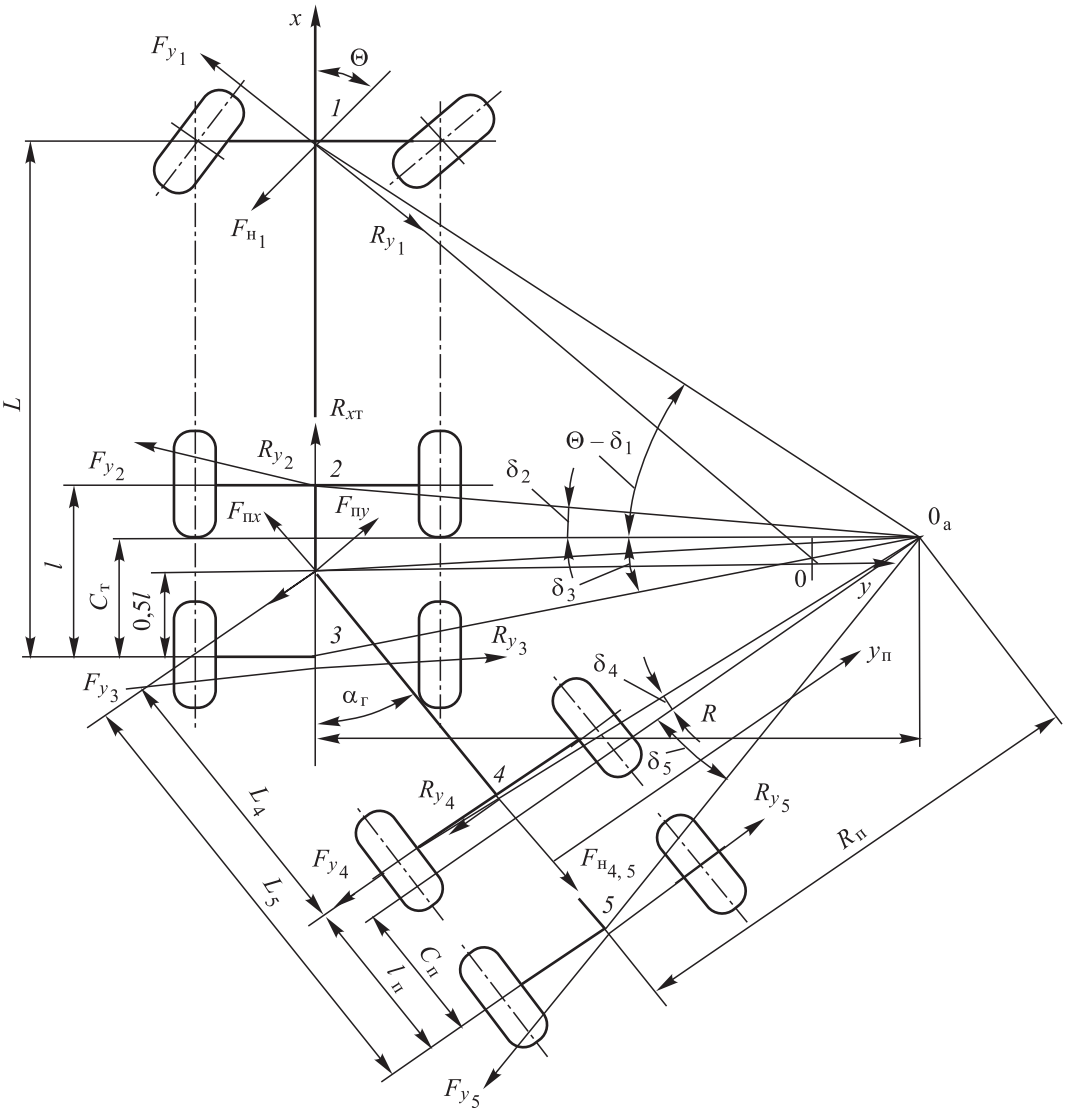


Рис. 2. Расчетная схема поворота автопоезда

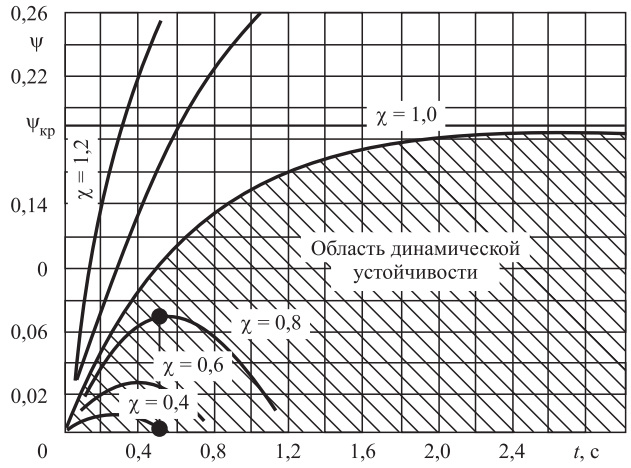


Рис. 3. Изменение угла опрокидывания автопоезда при действии внешних возмущений

угол складывания прицепа к тягачу $\alpha_т$ в горизонтальной плоскости не должен превышать 75°:

$$\alpha_т = \mathrm{arctg}\left(L_5 - C_{пр}\right)/R_{пр} + \\ + \mathrm{arctg}\left(C_т - 0,5l\right)/R_{пр} \leqslant \left[\alpha_т\right].$$

Следует учитывать, что $\delta_1 = R_{y_1}/k_{y_1}$; $\delta_2 = R_{y_2}/k_{y_1}$ и значение $R_{y_i} = m_т v_т^2/R_п$.

При заданной величине радиуса поворота можно говорить о критической по условию опрокидывания скорости движения транспортного средства:

$$v_{кр.опр} = \sqrt{\frac{BgR_п}{2h_g}},$$

где h_g — высота центра масс (сведения представляются заводом-изготовителем).

Восстанавливающий момент при повороте транспортного средства определяется:

$$M_{вос} = Bh_g\left(c_{y_1} + c_{y_2}\right)\gamma_{кр}, \qquad (6)$$

где c_{y_1}, c_{y_2} — угловая жесткость подвески переднего и заднего мостов; $\gamma_{кр}$ — угол крена.

Кренящий момент представляет собой сумму моментов — момента, созданного центробежной силой на плече крена $h_{кр}$, и стабилизирующего момента:

$$M_{кр} = \frac{G_т}{g}\frac{v_т^2}{R_п}h_{кр} + G_т\Delta B, \qquad (7)$$

где ΔB — относительное смещение центра масс по колее тягача, $\Delta B = h_{кр}\sin\gamma_{кр}$.

Тогда из равенства кренящего (7) и стабилизирующего (6) моментов:

$$\frac{G_т}{g}\frac{v_т^2}{R_п}h_{кр} + G_т\Delta B = h_g\left(c_{y_1} + c_{y_2}\right)\gamma_{кр}$$

следует, что величина угла крена кузова не должна превышать допустимой:

$$\gamma_{кр} = \frac{\frac{G_т}{g}\frac{v_т^2}{R_п}h_{кр}}{B\left(c_{y_1} + c_{y_2}\right)h_g - G_т h_{кр}}.$$

Полученное выражение можно использовать при выборе требуемой угловой жесткости подвески тягача. Известно, что при действии на тягач бокового ускорения $j_y = 0,4g$ крен кузова не должен превышать 5° (в радианной мере измерения 0,09 рад). Отсюда требуемая суммарная угловая жесткость подвески определится из выражения:

$$B\left(c_{y_1} + c_{y_2}\right)h_g = \frac{\frac{G_т}{g}j_y h_{кр} + G_т h_{кр}\gamma_{доп}}{\gamma_{доп}} = 5,44G_т h_{кр}.$$

2. **Сила сцепления.** Сила сцепления ведущих колес с дорогой F_{k_φ} была достаточной для реализации силы тяги, развиваемой двигателем.

Сцепные свойства движителей принято оценивать двумя показателями — коэффициентом использования сцепления k_φ и коэффициентом сцепления φ. Первый представляет собой отношение тягового усилия на ведущем колесе к нормальной реакции поверхности качения (поэтому k_φ называют также относительным тяговым усилием), а второй — отношение максимального тягового усилия на колесе $F_{k_i\,\max}$ к нормальной реакции поверхности качения:

$$k_\varphi = F_{k_i}/R_{z_i},$$

$$\varphi = F_{k_i\,\max}/R_{z_i} \leqslant k_{\varphi\max}.$$

Коэффициент k_φ изменяется с изменением тягового усилия от 0 до $k_{\varphi\max}$. При качении по грунтовым поверхностям максимальную касательную реакцию на колесе можно представить как сумму силы трения скольжения шины о поверхность качения, равной $R_{z_i}l$, и коэффициент сопротивления грунта касательным сдвигам, равной $\tau_c A_ф$ (где τ_c — сопротивление грунта касательным сдвигам; $A_ф$ — фактическая площадь контакта беговой дорожки шины):

$$F_{k_i\,\max} = R_{z_i}l + \tau_c A_ф.$$

Отсюда следует, что отношение касательной реакции на колесном движителе к нормальной нагрузке, передаваемой через колесо на поверхность качения, не является коэффициентом трения скольжения шины о поверхность качения, и поэтому величина φ не равна коэффициенту трения скольжения. Значение φ в общем случае зависит не только от коэффициента трения резины о поверхность дороги, но и от распределения нормальных давлений по площади контакта шины и, главным образом, от характера проскальзывания элементов шины в зоне ее контакта с поверхностью качения.

3. **Оценка устойчивости движения.** Устойчивость многозвенных транспортных средств на многих режимах движения ниже, чем у двухзвенных. Поэтому важно рассмотреть влияние устойчивости на управляемость.

К характеристикам поворотливости, оказывающим непосредственное влияние на управляемость, относятся:

— максимально возможные значения угла и угловой скорости поворота управляемых колес;

— максимально возможные значения кривизны и скорости изменения кривизны поворота;

— чувствительность к управляющему воздействию и реакции звеньев автопоезда на это воздействие;

— удельная суммарная сила тяги, необходимая для поворота автопоезда;

— коэффициент использования сцепной силы на ведущих колесах при повороте;

— габаритная ширина коридора движения при повороте.

Часть этих характеристик относится к статической, а часть — к динамической поворотливости. Статическая поворотливость (или маневренность) определяет способность автопоезда на невысоких скоростях осуществлять равномерные повороты с малыми радиусами. Динамическая поворотливость характеризует способность автопоезда к поворотам при движении с высокими скоростями. Для улучшения динамической поворотливости нужно уменьшать массы и моменты инерции звеньев относительно вертикальной оси.

Решение поставленной задачи осуществляется с использованием математической теории оптимизации [3, с. 56]. Любая задача оптимизации может быть сведена к задаче отыскания таких параметров тяговых характеристик, при которых выполняются принятые ограничения, а целевая функция имеет минимальное значение. Если оптимальное значение целевой функции соответствует ее максимальному значению, то, используя обратные величины, всегда можно свести задачу отыскания максимума к задаче отыскания минимума.

Быстрее можно достичь минимума целевой функции, если есть возможность определить частные производные целевой функции. По параметрам поиска и по значениям этих производных находим направления, по которым убывает целевая функция наиболее быстро (метод наискорейшего спуска, другие градиентные методы

При действии на систему динамических сил ей сообщается равномерное или ускоренное (замедленное) движение. Оно может вызвать небольшие смещения системы, не выходящие за пределы какой-то наперед заданной малой величины, либо эти смещения могут оказаться неограниченно большими.

Нарушая строгость определения динамического равновесия системы, которое дается в аналитической механике, будем считать, что при нагружении автопоезда (автомобиля) динамическими силами, действующими в сторону его опрокидывания, он будет находиться в динамическом равновесии, если в этих условиях сохраняется контакт опор с дорожным полотном. В статике нарушение состояния равновесия или покоя транспортного средства неизбежно приводит к отрыву от внешних опор и его опрокидыванию. При этом переход транспортного средства из одного состояния в другое происходит практически мгновенно.

Таким образом, процесс нарушения устойчивости движения транспортного средства в результате воздействия на него внешних возмущений можно представить состоящим из двух фаз. Первая фаза наступает при равенстве нулю нормальной реакции в точках опоры колес. Это условие соответствует состоянию граничного динамического равновесия. Вторая фаза — это движение транспортного средства в сторону опрокидывания, связанное с отрывом колес от дорожного полотна. Граничное динамическое равновесие наступает при равенстве нулю нормальной динамической реакции на внешних опорах (колесах) по отношению к оси опрокидывания. Как это условие выполняется, например, для автопоезда при движении с поворотом?

Граничное условие статического равновесия рассматриваемой системы можно представить уравнением поперечных сил и боковой реакцией колес:

$$\left[\left(m_{\text{т}}+m_{\text{пр}}\right)g\frac{B}{2}+\sum_{i=1}^{n}R_{\varphi_y}B\right]\cos\alpha+$$
$$+M_{\text{с.шк}}+M_{\text{с.ш}}-\left[\left(F_{\text{пр}}+G_a\right)h_g\right]\sin\alpha+ \qquad (8)$$
$$+M_w=0,$$

где $(m_{\text{т}}+m_{\text{пр}})$ — соответственно массы тягача и прицепа; B — база тягача; $R^{\text{л}}_{\varphi_y}$ — боковая реакция колес со стороны оси крена опрокидывания; M_w — аэродинамический момент сопротивления воздуха; $F_{\text{пр}}$ — приведенная динамическая сила опрокидывания автопоезда, $F_{\text{пр}}=\sqrt{\left(\frac{F_{\text{ц}}}{n_k}\right)^2+F_{\text{и}}^2}$ (здесь $F_{\text{ц}}$ — центробежная сила, возникающая при повороте автопоезда); n_k — число колес относительно оси крена; $F_{\text{и}}$ — сила инерции; h_g — координата по высоте центра тяжести тягача.

Стабилизирующий момент равен $M_{\text{с.шк}}\approx R_y r_{\text{д}}\beta_{\text{шк}}$, где $\beta_{\text{шк}}$ — угол наклона шкворня в продольной плоскости. Чаще всего $\beta_{\text{шк}}$ назначают в пределах 0...5°), стабилизирующий момент шины $M_{\text{с.ш}}=R_y e$, где e — плечо обкатки колеса. Этот момент вначале увеличивается с увеличением угла увода шины до максимального значения и при 6° уменьшается, поэтому этим моментом можно пренебречь.

Схема поворота автопоезда должна обеспечивать минимальное боковое скольжение колес или исключить его для повышения параметров устойчивости автопоезда при выполнении поворота и увеличение срока службы шин. Отсутствие бокового скольжения задних неуправляемых колес для автопоезда с колесной формулой 4×2 обеспечивается при положении центра поворота на продолжении задней оси. В качестве определяющего устойчивого движения автопоезда можно принять некоторый безразмерный показатель χ_τ, представляющий собой отношение определенной совокупности силовых и конструктивных факторов $\sum F'$, формирующих опрокидывающее движение автопоезда, к значению $\operatorname{tg}\alpha_{\text{уст}}$, зависящему от стабилизирующих факторов:

$$\chi_\tau=\sum F'/\operatorname{tg}\alpha_{\text{уст}}.$$

Определение χ_τ-показателя связано с решением или оценкой решения уравнения (8) опрокидывающего движения и силовых факторов. Для различных случаев движения автопоезда χ_τ имеет следующие силовые значения:

1 — боковой наезд на препятствие с разгона:

$$\chi_\tau=\frac{\dfrac{c_{\text{ш}}r_{\text{к}}B_v}{J_{\text{а}}\left(p^2+f_z^2\right)p}}{\operatorname{tg}\alpha_{\text{уст}}-\delta_{\text{вр}}\dfrac{F_u}{G_{\text{а}}}};$$

2 — боковой наезд на препятствие с торможением:

$$\chi_\tau=\frac{\dfrac{c_{\text{ш}}r_{\text{к}}B_v}{J_{\text{а}}\left(p^2+f_z^2\right)p}}{\operatorname{tg}\alpha_{\text{уст}}-\delta_{\text{вр}}\left(\dfrac{F_u}{G_{\text{а}}}+f_x\right)},$$

где $c_{\text{ш}}$ — продольная жесткость шины наезжающего колеса; $v=\frac{r_{\text{к}}-h}{\sqrt{2r_{\text{к}}h-h^2}}$ (здесь h — высота препятствия); $J_{\text{а}}$ — момент инерции автопоезда относительно оси бокового опрокидывания; $p^2=\frac{G_{\text{т}}h_g}{J_{\text{а}}}\frac{\cos\alpha_{\text{доп}}}{\cos\alpha_{\text{уст}}}$ — параметрический коэффициент (здесь $\alpha_{\text{доп}}$ — допустимый угол устойчивости против опрокидывания); $f_z^2=\sqrt{\frac{c_{\text{под}}}{m_{\text{а}}}}$ — частота собственных колебаний подвески автопоезда; $\delta_{\text{в.р}}=1+\left(J_{\text{м}}u_{\text{тр}}^2\eta_{\text{тр}}-\sum J_{\text{к}}\right)/\left(m_{\text{т}}r_{\text{к}}r_{\text{д}}\right)$ — коэффициент учета вращающихся масс (здесь $J_{\text{м}}$ — приведенный момент инерции вращающихся деталей двигателя и трансмиссии; $u_{\text{тр}}$ — передаточное число трансмиссии; $\eta_{\text{тр}}$ — кпд трансмиссии; $\sum J_{\text{к}}$ — суммарный момент инерции колес; $m_{\text{т}}$ — масса тягача; $r_{\text{к}}$, $r_{\text{д}}$ — радиусы соответственно качения и динамический);

1 — движение автопоезда с поворотом в плоскости качения с $V=\text{const}$:

$$\chi_\tau=\frac{\dfrac{\omega_{\text{пов}}}{p}}{\operatorname{tg}\alpha_{\text{уст}}-\dfrac{\omega_{\text{пов}}^2 r_{\text{к}}}{g}},$$

где $\omega_{\text{пов}}=v_{\text{а}}R_{\text{п}}$ — угловая скорость поворота;

$$p=\sqrt{\frac{G_{\text{а}}h_g\cos\psi_{\text{доп}}}{J_{\text{а}}\cos\psi_{\text{уст}}}}\left(1-0{,}1\omega_{\text{пов}}r_{\text{к}}\lg\theta\right);$$

2 — наезд прицепа на тормозящий тягач (боковое опрокидывание):

$$\chi_\tau=\frac{\dfrac{h_{z_{\text{кр}}}p\sin\theta}{h_g}}{\left(1+\dfrac{m_{\text{т}}}{m_{\text{пр}}}\right)g\operatorname{tg}\alpha_{\text{уст}}}\sqrt[3]{\frac{F_\tau\delta_{\text{зазор}}^2}{m_{\text{т}}\tau_{F_\tau}}},$$

где $h_{z_{кр}}$ — высота расположения сцепного крюка; $m_{пр}$ — масса прицепа; F_τ — сила торможения колес; $\delta_{зазор}$ – зазор в сцепном устройстве; τ_{F_τ} — время нарастания тормозного усилия (в расчетах можно принимать следующие значения 0,05—0,4 с — для грузовых автопоездов с гидроприводом; 0,15—1,5 с — с пневмоприводом).

С достаточной для практики точностью изменение угла опрокидывания автопоезда после потери контакта колес с поверхностью дороги можно описать уравнением:

$$\psi_{оп} = \left[\chi_\tau sh\, pt - \left(ch\, pt - 1\right)\right] \mathrm{tg}\, \alpha_{уст}, \qquad (9)$$

где t — текущее время; sh — гиперболический синус; ch — гиперболический косинус.

Величина χ_τ вполне определяет характер изменения функции $\psi(t)$ во времени. При $\chi_\tau < 1$ кривая $\psi(t)$, описываемая уравнением (9), возрастает от нуля при $t = 0$ до некоторого максимума, соответствующего моменту времени τ, после чего начинает снижаться до нуля (пересекает ось абсцисс в некоторой точке, рис. 3).

При таком протекании процесса отрезок времени от $t = 0$ до $t = \tau$ определяет продолжительность движения автопоезда в сторону опрокидывания. Момент времени τ, в который функция (9) достигает максимума, определяется соотношением $\tau = \chi_\tau/p$. Из этого выражения следует, что продолжительность движения автопоезда в сторону опрокидывания и соответственно максимальное значение угла $\psi_{кр}$ будут тем больше, чем больше значение χ_t. По мере приближения χ_t к единице максимальное значение угла опрокидывания приближается к критическому значению, за которым процесс опрокидывания приобретает необратимый характер.

Таким образом, при $\chi_t > 1$ функция (9) имеет характер непрерывно возрастающей кривой, т. е. угол $\psi_{кр}$ в этом случае неограниченно возрастает во времени. При этом можно отметить следующие условия различных фаз при действии на автопоезд динамических возмущений:

— условие динамического равновесия при $\ddot{z}(t) < g$;

— различные условия динамического равновесия при $\ddot{z}(t) = g$;

— условие динамической устойчивости, когда $\chi_t < 1$;

— граничные условия динамической устойчивости, когда $\chi_t = 1$;

— условие динамической неустойчивости, когда $\chi_t > 1$.

Величина χ_t, хотя и не позволяет определить координаты изображающей точки системы в каждый момент времени ее движения, но дает возможность судить о качественных свойствах системы, о ее поведении "в целом", отвечая на вопрос, уходит ли ее траектория "в бесконечность" или возвращается в прежние границы, т. е. является ли система неустойчивой или устойчивой против опрокидывания. Из кривых состояний системы, приведенных на рис. 3, видно, что кривая $\psi(t)$, соответствующая $\chi_t = 1$, асимптотически приближается к прямой, параллельной оси абсцисс. Эта кривая является граничной, разделяющей плоскость состояний на область динамической устойчивости, лежащую ниже кривой (она заштрихована), и область динамической неустойчивости, расположенную выше ее. Состояние системы в окрестностях граничной кривой можно охарактеризовать как состояние неопределенной динамической устойчивости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Пирковский Ю. В., Шухман С. Б.** Теория движения полноприводного автомобиля (прикладные вопросы оптимизации). — М.: ЮНИТИ, 2001. — 230 с.
2. **Фаробин Я. Е., Аксенов С. В.** Определение оптимальной полной массы и состава автотранспортных средств для различных условий эксплуатации // Известия вузов. Машиностроение. — 1988. — № 10. — С. 87—91.
3. **Реутов А. А.** Методы оптимизации в инженерных расчетах: учебное пособие. — Брянск: Изд-во Брянского ГТУ, 2004. —111 с.

УДК 519.2, 625.7/.8

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

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УЩЕРБА ПРИ АВАРИЯХ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Для снижения аварийности на автомобильных дорогах предлагается применять различные методы управления рисками, одним из которых является его минимизация. В статье излагается аналитический метод оценки риска для подсчета ущерба дорожно-транспортного происшествия с учетом вероятности его возникновения.

Ключевые слова: *аварийность, медицинская помощь, транспортный риск, аналитические методы.*

On highways it is offered to apply various methods of management of risks one of which is its minimization to decrease in accident rate. In article the analytical method of an assessment of risk for calculation of damage of a road accident taking into account probability of its emergence is stated.

Keywords: *accident rate, medical care, transport risk, analytical methods.*

В ряде стратегических и программных документов вопросы обеспечения безопасности дорожного движения определены в качестве приоритетов социально-экономического развития Российской Федерации.

В Российской Федерации за 2005—2015 гг. было совершено более 2 млн (2 075 558) дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых погибли почти 300 тыс. человек (281 665), получили ранения более 2,5 млн человек (2 608 005) [1] (табл. 1).

Изменение динамики ДТП, погибших и раненых показаны на рисунке.

Российский показатель смертности на дорогах в расчете на душу населения является одним из худших в мире: 248 погибших на 1 млн жителей.

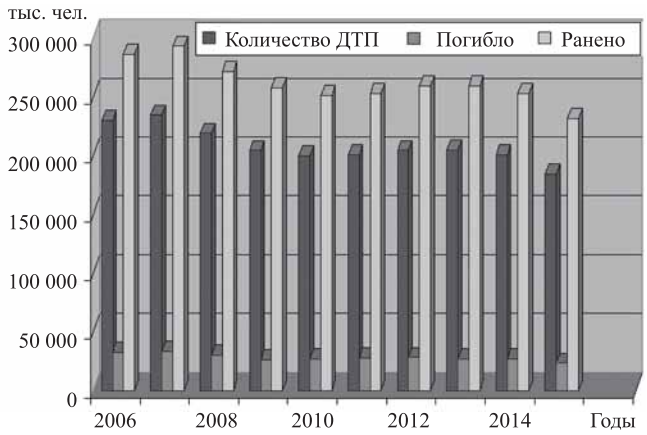
Оказание своевременной медицинской помощи при ДТП является важной задачей, о которой говорится в Федеральном законе № 196-ФЗ "О безопасности дорожного движения". С 2000 г. остаются достаточно высокими относительные показатели аварийности. Такие как: транспортный риск — это количество лиц, погибших в результате ДТП, на 10 тыс. единиц транспортных средств; социальный риск — это количество лиц, погибших в результате ДТП, на 100 тыс. населения. В 2004 г. эти показатели достигли максимального значения.

В настоящее время необходимо управлять рисками, возникающими на автомобильных дорогах, используя аналитические методы. Важно контролировать риск, разрабатывая разные способы управления транспортным риском.

Таблица 1

Данные о ДТП, погибших и раненых за 2004—2015 гг.

Годы	Количество ДТП	Погибло	Ранено
2004	208 558	34 506	251 386
2005	223 342	33 957	274 864
2006	229 140	32 724	285 362
2007	233 809	33 308	292 206
2008	218 322	29 936	270 883
2009	203 603	26 084	257 034
2010	199 431	26 567	250 635
За 2006—2010	**1 084 305**	**148 619**	**1 356 120**
2011	199 868	27 953	251 848
2012	203 597	27 991	258 618
2013	204 068	27 025	258 437
2014	199 720	26 963	251 785
2015	184 000	23 114	231 197
За 2011—2015	**991 253**	**133 046**	**1 251 885**



Динамика количества ДТП, погибших и раненых в России за 2006—2015 гг.

Предлагается метод, направленный на совершенствование моделей вероятностного подхода оценки риска. Использование таких моделей позволяет снижать риск до уровня допустимого, определив причины возникновения риска и проводя оценку его отрицательных последствий. Главная задача применения аналитических методов состоит в том, чтобы более точно предвидеть и оценить количественную величину риска.

Для анализа показателей аварийности используют статистические методы для выявления опасных участков. Один из них предлагает выделять очаг аварийности по размеру ущерба от ДТП. Учитывать ущерб, причиняемый при ДТП, — экономическая и социальная задача.

Ущерб, возникающий при ДТП, определяется по следующей формуле [2]:

$$A = mDY, \tag{1}$$

где m — прогнозируемое число дорожно-транспортных происшествий за одни сутки на участке дороги; D — количество будней в году; Y — средневзвешенный социально-экономический ущерб от одного ДТП в Российской Федерации, млн руб.

Прогнозируемое число ДТП за одни сутки (m) на любом участке автомобильной дороги, содержащем конкретное сочетание опасных элементов, определяют по формуле:

$$m = \left[P_{\text{А}} \left(k_1 n_{\text{А}}^{C} N_{\text{А}}^{C} + k_2 n_{\text{А}}^{T} N_{\text{А}}^{T} \right) + k_3 P_{\text{Б}} n_{\text{Б}} N_{\text{Б}} + \right. \\ \left. + k_4 P_{\text{В}} n_{\text{В}} N_{\text{В}} + k_5 P_{\text{Г}} n_{\text{Г}} N_{\text{Г}} \right] l_i / L, \tag{2}$$

где $P_{\text{А}}$, $P_{\text{Б}}$, $P_{\text{В}}$, $P_{\text{Г}}$ — частость возникновения ДТП при различных уровнях удобства движения (с учетом риска); $n_{\text{А}}^{C}$, $n_{\text{А}}^{T}$, $n_{\text{Б}}$, $n_{\text{В}}$, $n_{\text{Г}}$ — соответствующее количество часов при разных уровнях удобства движения за одни сутки, ч; $N_{\text{А}}^{C}$, $N_{\text{А}}^{T}$, $N_{\text{Б}}$, $N_{\text{В}}$, $N_{\text{Г}}$ — интенсивность, соответствующая уровню удобства движения А, Б, В и Г, авт./ч; k_1 ... k_5 — коэффициенты для определения количества автомобилей, движущихся с высокими скоростями при всех уровнях удобства движения: $k_1 = 0{,}07$ (светлое время суток); $k_2 = 0{,}01$ (темное время суток), $k_3 = 0{,}04$; $k_4 = 0{,}04$; $k_5 = 0{,}01$; l_i — протяженность участка, км; L — длина проектируемой дороги, км; l_i/L — отношение i-го участка к длине проектируемой дороги.

Средний ущерб при одном ДТП определяем по формуле:

$$Y = \frac{Y_{\text{общ}}}{K_{\text{ДТП}}}, \tag{3}$$

где $Y_{\text{общ}}$ — общий ущерб в год, млн руб; $K_{\text{ДТП}}$ — общее количество ДТП в год.

Величину социально-экономического ущерба ($Y_{общ}$) ежегодно определяют экономисты на основе статистических данных. При проведении оценки социально-экономического ущерба от ДТП в России [2] (источник: https:// lcsr.hse.ru/data/2016/02/16/1139248711/ГИБДД_17.12.2015.pdf) итоговый социально-экономический ущерб на 2013 год составляет 303 581 млн руб. (табл. 2).

В 2013 г. произошло 204068 ДТП [1]. Значит, средний ущерб составил:

$$Y = \frac{303\ 581 \text{ млн руб.}}{204\ 068} = 1{,}488 \text{ млн руб.}$$

Количество будней в 2013 г. $D = 247$ дней.

Вид дорожно-транспортного происшествия — съезд с дороги или опрокидывание.

Прогнозируемое число ДТП за одни сутки $m = 3$.

Ущерб, возникающий при ДТП: А = 2·247·1,488 = = 735,072 млн руб.

При проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог можно отметить, как наиболее часто встречающиеся, следующие типы рисков [2—7]:

r_1 — риск потери устойчивости транспортного средства на участке закругления;

r_2 — риск выезда автомобиля на тротуар или обочину при наличии на них пешеходов;

r_3 — риск столкновения с препятствием подвижным (или неподвижным) на дороге;

r_4 — риск столкновения на двухполосных или многополосных дорогах (риск разъезда и опережения);

r_5 — риск столкновения со встречным автомобилем на участках ограниченной видимости;

Таблица 2

Итоговый социально-экономический ущерб от ДТП для РФ, млн руб. в 2003 г. Результаты расчета (базовый вариант)

	Количество погибших/пострадавших в ДТП, чел.	Итоговый социально-экономический ущерб, млн руб.	Социально-экономический ущерб от гибели/инвалидизации одного человека, млн руб.	% от ВВП
Погибшие	27 520	252 628	9,2	0,4
Инвалиды	5503	30 500	5,4	0,05
Раненые	260 221	20 451	0,8	0,03
Всего	293 344	303 581	1,03	0,5
Итоговый социально экономический ущерб = прямые + упущенные выгоды (считаются по доходам). Источник: расчеты авторов по данным ГИБДД и Росстата.				

r_6 — риск наезда сзади ведомого автомобиля на впередиидущий;

r_7 — риск поломки ходовых частей автомобиля при движении по неровному покрытию.

При наличии двух опасных параметров и соответствующих им рисков (r_1 и r_2) на автомобильной дороге определяют суммарный риск движения.

Формула суммарного риска при наличии двух опасных параметров на участке автомобильной дороги и соответствующих им рисков (r_1 и r_2) имеет вид:

$$r_{1,2} = r_1 + r_2 - r_1 r_2. \quad (4)$$

Количественный показатель риска (ущерб от ДТП) показывает экономические потери общества и необходимость уменьшения аварийности на автомобильных дорогах. Благодаря управлению рисками путем улучшения геометрических параметров автомобильных дорог минимизируется ущерб и сохраняются здоровье и жизни граждан.

Таким образом, все чаще предметом исследований в области дорожного движения становятся методы контроля управления рисками для снижения количества ДТП и их тяжести.

Обеспечение безопасности дорожного движения является составной частью задач обеспечения личной безопасности, решения демографических, социальных и экономических проблем, повышения качества жизни и содействия региональному развитию [8—11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Государственная инспекция безопасности** дорожного движения МВД Российской Федерации. Показатели безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://www.gibdd.ru/.
2. **URL https://** lcsr.hse.ru/data/2016/02/16/1139248711/ГИБДД_17.12.2015.pdf [Электронный ресурс].
3. **Столяров В. В., Гусев В. А., Щеголева Н. В.** Ограничение скорости по допустимому риску для обеспечения безопасности движения на сложных участках автомобильных дорог // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. тр. участников 11-й Междунар. науч.-практ. конф., г. Санкт-Петербург, 18—20 сентября 2014 г. — СПбГАСУ, 2014. — С. 369—379.
4. **Столяров В. В., Немчинов Д. М.** Технико-экономическое обоснование модернизации сети автомобильных дорог // Дороги и мосты. — 2015. — Вып. 34/2. — С. 13—50.
5. **Щеголева Н. В.** Применение теории информации в проектировании автомобильных дорог // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2014. — № 4. — С. 116—124.
6. **Кокодеева Н. Е.** Вероятностная оценка качества дорожной конструкции с применением геосинтетических материалов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. — 2016. — № 3 (17). — С. 8. URL: http://trts.esrae.ru/36-184 (дата обращения 01.07.2016).
7. **Щеголева Н. В.** Снижение риска аварийности на автомобильных дорогах после реконструкции // Новые идеи нового века — 2014: материалы Четырнадцатой Междунар. науч. конф. The new Ideas of New Century — 2014: The Fourteenth International Scentific Conference Proceedings: в 3 т. / Тихоокеан. гос. ун-т. — Хабаровск: Тихоокеан. гос. ун-т, 2014. — Т. 3. — С. 419—423.
8. **Кокодеева Н. Е., Талалай В. В., Кочетков А. В., Аржанухина С. П., Янковский Л. В.** Методологические основы оценки технических рисков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2012. — № 28. — С. 126—134.
9. **Перспективы развития** инновационной деятельности в дорожном хозяйстве / А. В. Кочетков, Л. В. Янковский // Инновационный транспорт. — 2014. — № 1 (11). — С. 42—45.
10. **Организационно-экономический** механизм инновационной деятельности дорожного хозяйства / С. П. Аржанухина, А. А. Сухов, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский // Инновационный Вестник Регион. — 2012. — № 4. — С. 40—45.
11. **Проектирование** структуры информационного обеспечения системы менеджмента качества дорожного хозяйства / А. В. Кочетков, В. Ю. Гладков, Д. М. Немчинов / Интернет-журнал "Науковедение". — 2013. — № 3 (16). — С. 72.

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *И. Е. Назарова*
Сдано в набор 16.05.2017. Подписано в печать 24.07.2017. 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**