# Грузовик

12
2016

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

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



**Редакционный совет**

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

**Корпункт:**
Я.Е. Карповский (г. Минск)



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

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

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

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



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

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

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель

## В НОМЕРЕ:


### *Конструкция*

**3** *Салмин В. В., Якубович И. А.* Определение коэффициента обтекаемости кузова (кабины) автомобиля расчетным способом

**8** *Зорин В. А., Серёгин Д. В.* Перспективы замещения металлических материалов на полимерные композиционные при производстве грузовых автомобилей

**11** *Иванов В. И., Дроздова О. И.* Кинематика педалей и биомеханика водителя автомобиля

### *Исследования. Расчет*

**15** *Фадеев И. В., Ременцов А. Н., Садетдинов Ш. В.* Влияние моноэтаноламинтетраборатаммония в составе защитного покрытия на электрохимическое поведение стали 08КП

**21** *Подхалюзина В. А.* Методика научной формы предвидения будущего состояния транспорта региона

### *Практика*

**26** *Марков В. А., Бебенин Е. В.* Исследование процесса заправки транспортных средств и сельскохозяйственной техники газообразным топливом

### *Транспортный комплекс*

**35** *Фасхиев Х. А.* Грузовые международные автомобильные перевозки России: состояние, перспективы

### *Экология*

**43** *Савастенко А. А., Савастенко Э. А., Марков В. А., Ощепков П. П.* Улучшение экологических показателей дизеля при использовании добавок к нефтяному дизельному топливу. Часть 1

### *Безопасность*

**48** *Крамаренко Б. А.* Эффективность торможения. Что показывают тесты при ТО и что происходит на практике



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

12
2016

## SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

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



**Editorial council**

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



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

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

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

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

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

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 2016



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

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

# CONTENTS:


### *Design*

**3** *Salmin V. V., Yakubovich I. A.* Determination of the coefficient of the aerodynamics of the car cabin using a computational method

**8** *Zorin V. A., Seriogin D. V.* Prospects of substitution of metallic materials to pcm by manufacture of trucks

**11** *Ivanov V. I., Drozdova O. I.* Kinematics of the pedals and biomechanics of the car driver

### *Research. Calculation*

**15** *Fadeev I. V., Rementcov A. N., Sadatdinov Sh. V.* The influence of monoethanolammonium in the composition of the protective coating electrochemical behaviour of steel 08KP

**21** *Podhalyuzina V. A.* Methods of scientific forms of predicting the future state of the region's transport

### *Practice*

**26** *Markov V. A., Bebenin E. V.* Research the Process of Fueling Vehicles and Agricultural Machinery with Gaseous Fuel

### *Transportation complex*

**35** *Faskhiev Kh. A.* Freight international road transport of Russia: status and prospects

### *Environment*

**43** *Savastenko A. A., Savastenko E. A., Markov V. A., Oschepkov P. P.* Improved environmentalperformance of a diesel engine when using additives to petroleum diesel fuel. Part 1

### *Security*

**48** *Kramarenko B. A.* The effectiveness of braking. What do the tests at inspection and what happens in practice



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 629.113:533.682

**В. В. Салмин**, д-р техн. наук, профессор, Пензенский государственный университет,
**И. А. Якубович**, д-р техн. наук, профессор, Московский автомобильно-дорожный государственный университет (МАДИ)
E-mail: yakubovich_irina@mail

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБТЕКАЕМОСТИ КУЗОВА (КАБИНЫ) АВТОМОБИЛЯ РАСЧЕТНЫМ СПОСОБОМ

*Выполнен анализ факторов, оказывающих влияние на путевой расход топлива автомобилей. Математически доказано, что наибольшее влияние на расход топлива оказывает аэродинамическое сопротивление. На основании теории размерностей и математического анализа опытных данных получена математическая зависимость, позволяющая с достаточной точностью определять расчетным путем коэффициента обтекаемости автомобилей.*

***Ключевые слова:*** *автомобиль, путевой расход топлива, дорожные сопротивления, аэродинамическое сопротивление кузова, коэффициент обтекаемости кузова, коэффициент аэродинамического сопротивления.*

*The analysis of the factors influencing the travel fuel consumption of cars. Mathematically it is proved that the greatest influence on fuel consumption has aero-dynamic drag. On osnovanii of the theory of dimensions and mathematical analysis of experimental data obtained mathematical dependence, which allows with sufficient accuracy to determine by calculation of the coefficient of aerodynamics of the car.*

***Keywords:*** *car, trip fuel consumption, road resistance, wind resistance of the body, coefficient of streamlining of the body, the drag coefficient.*

Крылатая фраза Ильфа и Петрова: "автомобиль не роскошь, а средство передвижения", — ярко характеризует современный уровень автомобилизации. Автомобиль как средство передвижения все больше и больше вторгается в нашу жизнь. Количество автомобилей ежегодно возрастает, увеличивая потребление топлива как природного ресурса.

Как обеспечить снижение расхода топлива современных автомобилей?

Расход топлива определяется по формуле [1]:

$$Q_s = \frac{G_\text{Т}}{\text{V}_\text{a} 100 \rho_\text{Т}}, \qquad (1)$$

где $G_\text{т}$ — часовой расход топлива, кг/ч; $V_a$ — скорость автомобиля, км/ч; $\rho_\text{Т}$ — плотность топлива, кг/л.

Из приведенной формулы можно увидеть, что существует два пути снижения расхода топлива: 1 — улучшить показатели ДВС и тем самым уменьшить часовой расход топлива; 2 — увеличить скорость движения автомобиля путем улучшения его аэродинамики и снижения аэродинамического сопротивления.

Снизить часовой расход топлива, как видно из формулы (2), возможно, уменьшая мощность двигателя или его удельный эффективный расход топлива:

$$G_\text{Т} = g_e N_e \cdot 10^{-3}, \text{ кг/ч}, \qquad (2)$$

где $g_e$ — удельный эффективный расход топлива, г/(кВт · ч); $N_e$ — эффективная мощность ДВС, кВт.

Однако при конструировании и эксплуатации автомобилей мощность двигателя снижать нецелесообразно, а вот удельный эффективный расход топлива уменьшать необходимо. Однако это достаточно сложная задача, над решением которой бьются двигателестроители ни одно десятилетие.

Другой показатель, а именно скорость автомобиля определяется по формуле:

$$V_a = \frac{\text{N}_e \eta_\text{тр} 3,6}{P_\text{к} 1000}, \text{ км/ч}, \qquad (3)$$

где $\eta_\text{тр}$ — коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля; $P_\text{к}$ — тяговая сила на ведущих колесах автомобиля, кН.

Как видим из формулы (3), скорость растет, если увеличивается мощность двигателя или снижается сила тяги на ведущих колесах автомобиля.

Если подставить формулы (2) и (3) в формулу (1), то получим:

$$Q_s = \frac{g_e P_к}{\eta_{тр}\rho_Т 360}. \quad (4)$$

Полученная формула показывает, что для уменьшения путевого расхода топлива достаточно снизить затраты на тяговую силу на ведущих колесах, $P_к$. В то же время из теории автомобиля [1] известно, что тяговая сила на ведущих колесах в соответствии с силовым балансом будет равна:

$$P_к = P_f \pm P_i + P_W \pm P_j, \text{ кН}, \quad (5)$$

где $P_f$ — сила сопротивления перемещению, $P_f = fG_a$; $P_i$ — сила сопротивления от уклона или подъема дороги, кН; $P_j$ — сила сопротивления при неравномерном движении (разгоне или торможении), кН; $P_w$ — сила лобового сопротивления автомобиля, кН.

$$P_w = k_w \frac{F_а V_а^2}{13}, \quad (6)$$

где $k_w$ — коэффициент обтекаемости кузова автомобиля, (кН · с$^2$)/м$^4$; $F_а$ — площадь лобового сопротивления автомобиля, м$^2$.

Из уравнения (6) видим, что наибольшее влияние на величину $P_к$ будут оказывать силы $P_f$ и $P_w$.

В свою очередь, влияние на силу $P_к$ оказывает сила $P_f$ при малых скоростях движения, а при средних и больших скоростях — сила $P_w$. Эти силы мы и будем рассматривать в данной статье как основные факторы, оказывающие влияние на путевой расход топлива. С учетом этих двух составляющих можно переписать формулу (4) в виде:

$$Q_s = \frac{g_e\left(P_f + P_w\right)}{360\rho_Т\eta_{тр}} = \frac{g_e}{360\rho_Т\eta_{тр}}\left(fG_a + k_w\frac{F_а V_а^2}{13}\right). \quad (7)$$

Из формулы (7) видим, что факторами, оказывающими влияние на величину силы $P_f$, является $G_a$ — эксплуатационный вес автомобиля, кН.

Из перечисленных параметров показатели $G_а$ и $F_а$ взаимосвязаны с $k_w$. Вес автомобиля можно рассчитать по формуле:

$$G_а = F_а l_а \rho_а = k_w BHgl_а\rho_а, \text{ кН}, \quad (8)$$

где В — ширина кузова автомобиля, м; $H$ — высота кузова автомобиля, м; $g$ — ускорение свободного падения, м/с$^2$; $l_a$ — длина автомобиля, м; $\rho_a$ — средняя плотность материала, из которого изготовлен автомобиль, кг/м$^3$.

Если теперь подставить параметры формулы (8) в формулу (7), то получим:

$$Q_s = \frac{g_e\left(k_w BH\right)}{360\rho_Т\eta_{тр}}\left(\psi l_а\rho_а g + \frac{V_а^2}{13}\right), \quad (9)$$

где Ψ — приведенный коэффициент дорожных сопротивлений:

$$\Psi = f \pm i,$$

где $f$ — коэффициент сопротивления качению; $i$ — уклон дороги.

Итак, мы получили формулу, которая показывает, что кроме эксплуатационных факторов на топливную экономичность оказывают конструктивные параметры автомобиля. Такие, как $k_w$, $B$, $H$, $\eta_{тр}$, $l_а$, $\rho_а$ и параметры двигателя, которые можно выразить формулой вида:

$$g_e = \frac{3,6\cdot 10^3}{H_u\eta_e} = \frac{3,6\cdot 10^6}{H_u\eta_М\eta_i} = \frac{3,6\cdot 10^6}{H_u\eta_М\eta_t\eta_0}, \quad (10)$$

где $H_u$ — низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг (для бензина 43...44,5 МДж/кг, для дизельного топлива 41,5...43 МДж/кг); $\eta_е$ — эффективный коэффициент полезного действия (КПД) двигателя внутреннего сгорания (ДВС); $\eta_М$ — механический КПД двигателя; $\eta_i$ — индикаторный КПД двигателя; $\eta_t$ — термодинамический КПД теоретического цикла ДВС; $\eta_o$ — относительный КПД.

Из всех приведенных в формуле (9) показателей наибольший интерес представляет коэффициент обтекаемости автомобиля. В теории автомобиля, он как и коэффициент дорожного сопротивления, является не только эксплуатационным, но и конструктивным фактором.

Анализ ряда известных работ [2—4] показывает, что коэффициент обтекаемости можно определить по следующий зависимости:

$$k_w = 13\frac{P_w}{F_а V_а^2}. \quad (11)$$

Из анализа размерности формулы (11) следует, что коэффициент $k_w$ представляет собой отношение силы сопротивления движению автомобиля к геометрическим параметрам и квадрату скорости, т. е.

$$k_w = \left[\frac{\text{кН}\cdot\text{с}^2}{\text{м}^4}\right].$$

Определить данный показатель на стадии проектирования автомобиля было бы неплохо, но на сегодняшний день имеются экспериментально полученные значения $k_w$, требующие дорогостоящего оборудования, либо достаточно сложные методы вычислений.

Определение коэффициента обтекаемости кузова автомобиля на стадии проектирования расчетным способом является весьма актуальной научно-практической задачей. Для решения этой задачи воспользуемся анализом размерностей следующих технических параметров, которые характеризуют коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля (10): эксплуатационный вес $G_а$, площадь лобового сопротивления $F_а$, скорость автомобиля $V_а$. Используя теорию размерностей и компилируя из указанных параметров математическую зависимость, получим:

$$k_w \approx C\frac{G_а}{F_а V_а^2}, \qquad (12)$$

где $C$ — некоторая константа, обеспечивающая адекватность полученной зависимости, и обеспечивающая точность достигаемого результата вычислений.

Основываясь на первом законе механики Ньютона, эксплуатационный вес $G_а$ в выражении (11), был взят как аналог силы аэродинамического сопротивления, т. е. $P_w \approx G_а$.

С целью определения численного значения коэффициента пропорциональности $C$, была проведена математическая обработка данных экспериментально определенных коэффициентов аэродинамического сопротивления серийно выпускаемых автомобилей (таблица).

**Сравнительные значения технических и аэродинамических показателей отечественных автомобилей**

| Автомобили | Экспериментальный коэффициент обтекаемости $k_w$ | Площадь лобового сопротивления, м$^2$ | Полный вес автомобиля, Н | Скорость автомобиля, км/ч | Расчетный коэффициент обтекаемости $k_{wp}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ЗАЗ-968М | 0,43 | 1,67 | 11 500 | 140 | 0,437 |
| ЗАЗ-1102 | 0,45 | 1,68 | 11 450 | 140 | 0,432 |
| ВАЗ-2101 | 0,56 | 1,74 | 13 550 | 130 | 0,573 |
| ВАЗ-2104 | 0,53 | 1,76 | 14 750 | 140 | 0,531 |
| ВАЗ-2106 | 0,54 | 1,76 | 14 350 | 140 | 0,517 |
| "Москвич-2140" | 0,55 | 1,78 | 13 250 | 130 | 0,550 |
| ВАЗ-2108 | 0,43 | 1,87 | 13 450 | 145 | 0,425 |
| ВАЗ-21099 | 0,45 | 1,88 | 13 900 | 145 | 0,437 |
| ВАЗ-2109 | 0,46 | 1,88 | 14 850 | 145 | 0,467 |
| ИЖ-2126 "Орбита" | 0,44 | 1,92 | 15 150 | 150 | 0,436 |
| ВАЗ-2110 | 0,35 | 1,93 | 14 800 | 165 | 0,350 |
| ВАЗ-2112 | 0,33 | 1,94 | 14 800 | 170 | 0,328 |
| ИЖ "Ода" | 0,38 | 1,96 | 14 000 | 155 | 0,370 |
| "Москвич-2141" | 0,39 | 1,96 | 13 800 | 150 | 0,389 |
| ГАЗ-3104 "Волга" | 0,38 | 2,1 | 14 080 | 150 | 0,370 |
| ГАЗ-3105 "Волга" | 0,35 | 2,1 | 18 850 | 180 | 0,344 |

*Продолжение таблицы*

| Автомобили | Экспериментальный коэффициент обтекаемости $k_w$ | Площадь лобового сопротивления, м$^2$ | Полный вес автомобиля, Н | Скорость автомобиля, км/ч | Расчетный коэффициент обтекаемости $k_{wp}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ГАЗ-М20 "Победа" | 0,39 | 2,16 | 18 850 | 165 | 0,398 |
| ГАЗ-21 "Волга" | 0,42 | 2,27 | 17 900 | 155 | 0,408 |
| ГАЗ-2410У "Волга" | 0,41 | 2,28 | 22 500 | 170 | 0,424 |
| ГАЗ-2410 "Волга" | 0,45 | 2,28 | 23 000 | 170 | 0,434 |
| УАЗ-469 | 0,6 | 3,39 | 25 200 | 125 | 0,591 |
| **Усредненный показатель для легковых автомобилей** | **0,44** | **2,01** | **15 904** | **150** | **0,439** |
| РАФ-2203 | 0,44 | 3,58 | 27 100 | 140 | 0,434 |
| УАЗ-452 | 0,46 | 4,17 | 30 500 | 135 | 0,451 |
| ЗИЛ-3207 "Юность" | 0,59 | 4,37 | 36 500 | 125 | 0,600 |
| КаВЗ-685 | 0,52 | 5,9 | 67 600 | 85 | 0,482 |
| ЛАЗ-698 | 0,7 | 6,57 | 134 000 | 95 | 0,687 |
| ЛАЗ-699 | 0,6 | 6,6 | 129 700 | 100 | 0,597 |
| ЛиАЗ-677 | 0,68 | 6,73 | 129 310 | 95 | 0,647 |
| "Икарус-250" | 0,71 | 6,8 | 130 550 | 90 | 0,721 |
| ЛАЗ-4207 | 0,72 | 7,36 | 160 000 | 95 | 0,732 |
| **Усредненный показатель для автобусов** | **0,60** | **5,79** | **93 917,78** | **107** | **0,59** |
| ГАЗ-51 (бортовой) | 0,99 | 3,29 | 53 200 | 70 | 0,980 |
| ГАЗ-3302 "Газель" (бортовой) | 0,59 | 3,6 | 35 000 | 135 | 0,596 |
| ЗИЛ-5301 (бортовой) | 0,62 | 3,7 | 69 500 | 95 | 0,618 |
| ГАЗ-3302 "Газель" (фургон тентовый) | 0,54 | 5 | 35 000 | 120 | 0,543 |
| ЗИЛ-130 (бортовой) | 0,87 | 5,05 | 104 250 | 85 | 0,849 |
| ЗИЛ-4331 (бортовой) | 0,94 | 5,2 | 110 000 | 85 | 0,870 |
| ЗИЛ-131 (бортовой) | 1,05 | 5,4 | 101 850 | 75 | 0,996 |

*Продолжение таблицы*

| Автомобили | Экспериментальный коэффициент обтекаемости $k_w$ | Площадь лобового сопротивления, м$^2$ | Полный вес автомобиля, Н | Скорость автомобиля, км/ч | Расчетный коэффициент обтекаемости $k_{wp}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ГАЗ-33022 "Газель" (фургон металлический) | 0,65 | 5,5 | 35 000 | 105 | 0,645 |
| КАМАЗ-5320 (бортовой) | 1,02 | 6 | 153 050 | 85 | 1,049 |
| "УРАЛ"-375 (бортовой) | 1,12 | 6,2 | 128 500 | 75 | 1,094 |
| МАЗ-5336 (тентовый) | 0,67 | 8,42 | 180 000 | 100 | 0,635 |
| МАЗ-500А (тентовый) | 0,72 | 8,5 | 148 250 | 85 | 0,717 |
| МАЗ-516 (тентовый) | 0,79 | 8,5 | 235 250 | 105 | 0,746 |
| **Усредненный показатель для грузовых автомобилей** | **0,81** | **5,72** | **106 835** | **94** | **0,80** |

В результате обработки данных, приведенных в таблице, было установлено, что среднее значение коэффициента *C* может быть принято равным:

— для легковых автомобилей C ≈ 1,243;

— для грузовых автомобилей грузоподъемностью от 3 до 20 т C ≈ 0,297;

— для грузовых автомобилей от 0,8 до 3 т C ≈ 1,118;

— для автобусов малой вместимости от 10 до 20 чел. C ≈ 1,123;

— для автобусов средней и большой вместимости C ≈ 0,304.

При этом выражение для определения коэффициента аэродинамического сопротивления будет иметь вид:

$$k_w \approx (0,3...1,25)\frac{G_а}{F_а V_а^2}, \left[\frac{Н \cdot с^2}{м^4}\right]. \qquad (13)$$

Используя ранее полученную формулу (7) и подставляя ее в уравнение (13), получим еще одну зависимость, связывающую коэффициент обтекаемости автомобиля с его базой — т. е. с его классификационным показателем и средней плотностью материала, из которого изготовлен автомобиль:

$$k_w \approx (2,9...12,3)\frac{l_а \rho_а}{V_а^2}. \qquad (14)$$

Полученные формулы (13) и (14) показывают, что при проектировании автомобилей необходимо уменьшать вес или среднюю плотность материала $\rho_а$, что в свою очередь уменьшит затраты мощности двигателя на передвижение автомобиля, а, следовательно, обеспечит снижение расхода топлива на его передвижение с высокими скоростями.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Автомобили:** Теория и конструкция автомобиля и двигателя: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. К. Вахламов, М. Г. Шатров, А. А. Юрчевский; Под ред. А. А. Юрчевского. — М.: Издательский центр "Академия", 2003. — 816 с.
2. **Михайловский Е. В.** Аэродинамика автомобиля. — М.: Машиностроение, 1973. — 224 с.
3. **Салмин В. В., Генералова А. А., Бычков Д. С.** Совершенствование технико-экономических показателей автобуса путем улучшения аэродинамических характеристик. Интернет-журнал Науковедение. — 2015. — Т. 7. — № 6 (31). — С. 128.
4. **Генералова А. А., Бычков Д. С., Салмин В. В.** Оптимизация аэродинамических показателей междугородних автобусов применением теории фракталов. В сборнике: "Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения)". Сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2015. — С. 24—34.

УДК 621_049.32-036.7.

**В. А. Зорин,** д-р техн. наук, профессор, **Д. В. Серёгин**, инженер, МАДИ
E-mail: madi-dm@list.ru

# ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАМЕЩЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

*В статье приведено обоснование возможности и целесообразности применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) при производстве автомобилей. Рассмотрены наиболее перспективные материалы и конструктивные элементы машин, для изготовления которых они могут быть использованы.*

***Ключевые слова:*** *полимерные композиционные материалы, полимеры, автомобиль, производство.*

*In article the substantiation of an opportunity and expediency of substitution of metallic materials to polymeric composite materials (PCM) by manufacture of trucks. The most perspective materials and constructive elements of trucks for which manufacturing its can be used are considered.*

***Keywords:*** *polymeric composite materials (PCM), polymers, truck, manufacture.*

Развитие автомобилестроения играет существенную роль в экономике страны. Характерными особенностями большинства современных грузовых автомобилей являются: высокая энергонасыщенность, большая масса, многофункциональность, высокий уровень металлоемкости. Следствием перечисленных особенностей являются значительные экологические нагрузки в процессе эксплуатации техники, вызванные токсичными отработавшими газами и эксплуатационными материалами, повышенным давлением на грунт, электромагнитными полями, высоким уровнем шума, вибрации и др. Устранение перечисленных недостатков в значительной степени может быть достигнуто благодаря увеличению доли неметаллических материалов, применяемых при производстве автомобилей.

К неметаллическим материалам относятся пластические массы, композиционные и синтетические материалы, резиновые материалы, клеи, лакокрасочные покрытия, древесина, а также силикатные стекла, керамика и др. Неметаллические материалы обладают высокой механической прочностью, пластичностью, низкой плотностью, хорошей термической и химической стойкостью, высокими электроизоляционными характеристиками, оптической прозрачностью и низкой удельной массой.

Современные полимерные композиционные материалы состоят из двух и болей компонентов: пластинчатой основы (матрицы) и наполнителя, обеспечивающего материалу особые физико-механические характеристики и эксплуатационные свойства. В зависимости от вида наполнителя можно создать материал с заранее заданными свойствами: высокой прочностью, твердостью, упругостью, износостойкостью и прочими характеристиками. Сочетание различных компонентов обеспечивает возможность получения многообразия материалов с индивидуальными, заранее заданными наборами физико-механических показателей и эксплуатационных свойств. Полимерные композиционные материалы могут существенно превосходить традиционные металлы и сплавы по своим механическим характеристикам, коррозионной и износостойкости, при одновременном снижении массы деталей. Так, пластиковый кузов Dodge ESX3 (Daimler Chrysler) меньше стального по массе более чем на 40 %.

Таким образом, можно утверждать, что замещение металлических материалов деталей на ПКМ может существенно повысить надежность автомобилей, уменьшить массу и обеспечить снижение экологической нагрузки в процессе эксплуатации техники.

Современный автомобиль состоит из более чем 20 тыс. различных деталей, каждая из которых в процессе работы выполняет характерные для нее функции, испытывая при этом специфические нагрузки. Для производства различных деталей требуются соответствующие материалы, обладающие определенными свойствами. Широкий диапазон эксплуатационных свойств, необходимых конструкционным ма-

териалам различных деталей грузовых автомобилей, удается обеспечить благодаря применению ПКМ.

При создании композиционных материалов используют комбинацию нескольких химически разнородных материалов. Эксплуатационные свойства композиционных материалов в значительной степени отличаются от свойств каждого из составляющих компонентов в отдельности. Композицию получают путем введения в основной материал (матрицу) определенного количества другого материала (наполнителя), который добавляется с целью получения специальных, заранее заданных свойств.

В машиностроении широко применяют композиционные материалы на основе фторопласта для изготовления подшипников скольжения, манжет, уплотнительных колец, прокладок гидравлических систем (станков, автомобилей), механических устройств, уплотнений поршневых и плунжерных компрессоров, рулевых тяг автомобилей, дорожных и строительных машин, опор скольжения, дисков сцепления, элементов систем управления, системы нейтрализации газа и др.

Одним из наиболее распространенных видов неметаллических конструкционных материалов является капролон, применяемый в различных отраслях промышленности для изготовления деталей широкой номенклатуры:

1 — подшипников скольжения, втулок и других деталей узлов трения, работающих при нагрузке до 20 МПа;

2 — шкивов, блоков, колес и роликов грузоподъемных механизмов с тяговым усилием до 30 тонн, гидравлических тележек, кран-балок, транспортеров, конвейеров;

3 — корпусов, кронштейнов, ступиц колес тележек, к которым предъявляются повышенные требования по ударопрочности;

4 — шестерен, звездочек и червячных колес приводов редукторов;

5 — деталей уплотнения (вместо фторопласта) для дозаторов, сепараторов, арматуры, резинотехнических изделий и манжет для систем высокого давления (до 50 МПа).

Капролон имеет низкий коэффициент трения в паре с любыми металлами, хорошо и быстро прирабатывается, в 6—7 раз легче бронзы и стали. Этот материал не подвержен коррозии, не токсичен, экологически чист. Изделия из капролона в 2 раза повышают износостойкость деталей трения, значительно повышая ресурс машин.

В МАДИ разработана номенклатура комплектующих и деталей автомобилей, замещение которых возможно на детали, изготовленные из полимерных композиционных материалов. Предлагаемый перечень комплектующих и деталей разработан на примере самосвала КАМАЗ-65115, который является типичным представителем грузового автомобильного транспорта — наиболее металлоемким, массовым и широко распространенным грузовым транспортным средством (рисунок).

Анализ устройства, режимов эксплуатации, материалов деталей автомобилей позволил разработать предложения по замещению при изготовлении ряда деталей металлических материалов на ПКМ.

Структурные элементы и детали автомобилей на примере самосвала можно условно разделить на следующие группы:

- соединительные болты, втулки, гайки, заклепки, заглушки, фитинги, патрубки, трубки,

**Основные области применения конструкционных неметаллических материалов при производстве автомобиля-самосвала КАМАЗ-65115**

корпуса вспомогательных рабочих узлов, пробки — в качестве замещающих материалов могут быть использованы ПКМ на основе полиэтилена, обладающего высокой упругостью, эластичностью, износостойкостью, коррозионностойкостью, высокими диэлектрическими свойствами;

- шланги, рукава высокого давления, патрубки — ПКМ на основе фторопласта Ф-3 (пластичен, теплоустойчив, высокая коррозионная стойкость, морозостойкость);
- мембраны, уплотнители, буферы, заглушки, подушки крепления, сальники, манжеты — ПКМ на основе волокнита (высокая ударная вязкость, прочен при сжатии);
- шестерни, втулки, подшипники, болты, гайки — ПКМ на основе полиамида (высокие антифрикционные свойства, высокая прочность, устойчивость к щелочам, абразивная стойкость);
- прокладки, уплотнительные кольца — ПКМ на основе текстолита (водостойкость, химическая стойкость, невысокая стоимость);
- элементы тепло-, звукоизоляции кабины и двигателя — ПКМ на основе пенополистирола (влагостойкость, хорошие амортизационные свойства).

Возможность создания неметаллических композиционных материалов с заранее заданными физико-механическими свойствами обеспечивает оптимальные эксплуатационные свойства деталей автомобилей и позволяет значительно повысить их надежность, безопасность и эффективность использования.

Таким образом, при производстве и ремонте деталей грузовых автомобилей возможно замещение более 80 % металлических материалов на ПКМ, что, в свою очередь, обеспечит сокращение расхода невосполнимых природных ресурсов, снижение массы, энергопотребления машин и экологической нагрузки на окружающую среду в процессе эксплуатации транспортной техники.

Меньшая по сравнению с металлами удельная масса большинства ПКМ обеспечивает возможность значительного снижения массы автомобиля, что, в свою очередь, обеспечит снижение энергетических и эксплуатационных затрат в течение жизненного цикла. Особенности строения, структуры и производства деталей автомобилей из ПКМ обеспечивают возможности снижения затрат на их утилизацию после завершения жизненного цикла машины.

Особо следует отметить технологичность ПКМ. Более низкая температура плавления, высокий уровень пластичности, хорошая обрабатываемость обеспечивают ПКМ значительные преимущества в технологичности производства деталей автомобилей. Кроме того, снижение шума, вибрации, динамических нагрузок, рабочей температуры в сочетании с повышением коррозионной стойкости и надежности изделий из неметаллических материалов позволяет отказаться от ряда специальных проектно-конструкторских и технологических мероприятий, направленных на обеспечение комфорта, надежности и безопасности машин. Применение ПКМ обеспечивает значительную экономическую эффективность производства автомобилей. Расширение применения неметаллических материалов в автомобилестроении объясняется также необходимостью для сокращения расхода невосполнимых запасов природных ресурсов металлических материалов, обеспечения современных экологических норм и требований безопасности.

Большие перспективы применения неметаллических конструкционных материалов открываются благодаря производству запасных частей и комплектующих деталей автомобилей с применением методов 3D проектирования и печати.

*Приведенные в статье результаты получены при разработке проекта № Б1124214, выполняемого в рамках проектной части Государственного задания в сфере научной деятельности.*

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. **Зорин В. А., Баурова Н. И., Шакурова А. М.** Применение капсулированных материалов при сборке и ремонте резьбовых соединений // Механизация строительства. — 2014. — № 8 (842). — С. 38—43.
2. **Зорин В. А., Баурова Н. И., Шакурова А. М.** Исследование структуры капсулированного анаэробного клея // Клеи. Герметики. Технологии. — 2014. — № 5. — С. 27—30.
3. **Баурова Н. И., Зорин В. А., Приходько В. М.** Описание сценариев перехода материала из работоспособного состояния в неработоспособное с использованием уравнения теории катастроф "складка" // Клеи. Герметики. Технологии. — 2014. — № 8. — С. 33—37.
4. **Баурова Н. И., Зорин В. А., Приходько В. М.** Описание процессов деградации свойств материалов с использованием аппарата теории катастроф // Все материалы. Энциклопедический справочник. — 2014. — № 11. — С. 14—19.
5. **Баурова Н. И., Сергеев А. Ю.** Структурные исследования механизма разрушения клеевых соединений после испытаний методом pull-out // Клеи. Герметики. Технологии. — 2014. — № 4. — С. 24—28.

УДК 629.113 + 629.1.04

**В. И. Иванов**, канд. техн. наук, доцент, **О. И. Дроздова**, студентка,
Волгоградский государственный технический университет
E-mail: olidrozd13@gmail.com

# КИНЕМАТИКА ПЕДАЛЕЙ И БИОМЕХАНИКА ВОДИТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ

*Проведены исследования траекторий движения педальных органов управления легковых автомобилей и соответствующих им траекторий движения конечностей человека — водителя. Выполнен анализ влияния рассогласования их траекторий на характер трогания автомобиля с места. Дана оценка значимости кинематической согласованности органов управления и конечностей водителя. Приведены рекомендации для конструкторов автомобильной техники, направленные на повышение безопасности автотранпорта.*

***Ключевые слова:*** *биомеханика, биокинематические цепи, кинематические пары, кинематические цепи, эргономика.*

*Conducted researches motion trajectories pedal of passenger cars controls and corresponding trajectories of human limbs — the driver. The analysis of the influence of the error of their trajectories on the character of the car starting from the place. The estimation of the significance of the kinematic consistency of controls and the driver's limbs. Recommendations are given for automotive equipment constructors to improve the safety of motor vehicles.*

***Keywords:*** *biomechanics, biokinematic chain, kinematic pair, kinematic chain, ergonomics.*

Эргономика рабочего места оператора привлекла к себе внимание, как к объекту исследования, инженеров-механиков, конструкторов, дизайнеров, физиологов и даже психологов в 40—60 гг. XX века [1, 2, 5].

Поисковые и исследовательские работы велись в самолетостроении, в частности при разработках реактивных истребителей, где по компоновочным соображениям имелся дефицит пространства кабины пилота; в автомобилестроении, в период популярности микролитражных машин, а также при создании танков и бронемашин и даже в домостроении в эпоху массового градостроения [2, 5].

Проблема взаимодействия оператора с машиной остается актуальной и в настоящее время.

Фактом является то, что в современных машинах, в устройствах их управления не всегда бывают учтены биомеханические и психофизиологические качества самого оператора, согласованы взаимосвязи их кинематики, геометрии, силовых характеристик, моторная память конечностей оператора [2, 4].

Авторами была отмечена категория дорожно-транспортных происшествий (ДТП), связанных с процессами трогания автомобиля с места, при парковке или при ином маневрировании. Несмотря на незначительную скорость, последствия подобных ДТП бывают трагическими.

На кафедре "Детали машин и ПТУ" ВолгГТУ авторами были выполнены исследования согласованности кинематики педали сцепления автомобиля с верхним и нижним расположением шарнира с биокинематикой ноги водителя и проведен их сравнительный анализ.

В автомобилях, выпускавшихся до 60-х годов XX века, шарниры педалей акселератора, тормоза и сцепления обычно выполнялись под пяткой стопы водителя. При этом, траектории стопы водителя, опертой пяткой в пол, и опорных площадок педалей практически полностью совпадали (рис. 1).

Однако в дальнейшем в угоду упрощению приводов от педалей к исполнительным устройствам и переносу шарниров педалей в менее подверженное загрязнению место, траектории стопы водителя и опорных площадок педалей стали существенно отличаться (рис. 2).

Кроме расположения шарнира педалей, в качестве переменных параметров исследования были приняты: высота расположения подушки сиденья относительно уровня опорной площадки педали, расстояние от спинки сиденья до опорной площадки педали в выжатом положении и характер опорной поверхности площадки педали. В частности, сравнению подвергалась традиционная резиновая

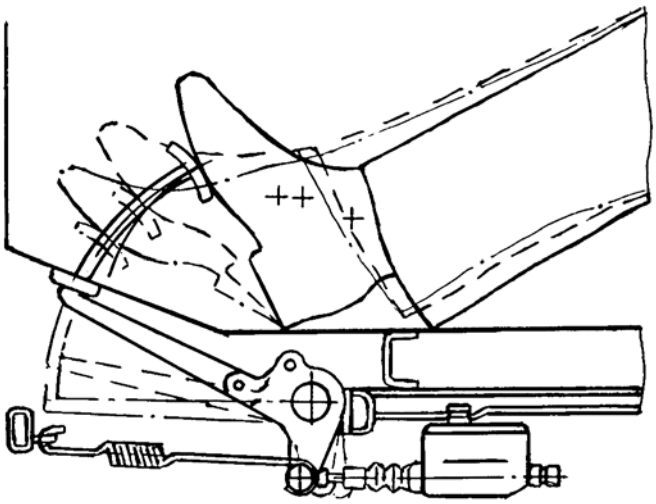


**Рис. 1. Незначительное расхождение траекторий ступни и опорной площадки педали автомобиля ГАЗ-969**

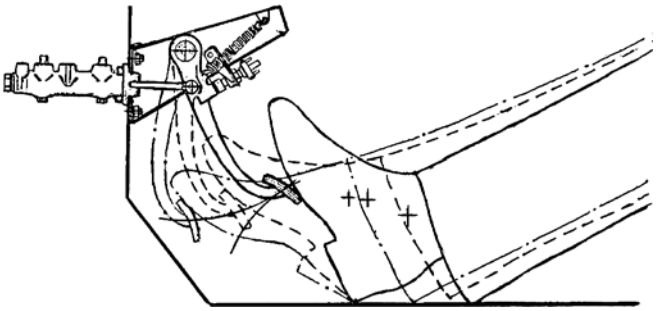


**Рис. 2. Траектории движения стопы водителя и опорной площадки педали сцепления автомобиля при нажатии на нее**

**Рис. 3. Традиционная резиновая рифленая накладка на педали сцепления**

**Рис. 4. Перфорированная металлическая площадка на педали сцепления**

рифленая накладка на педали сцепления (рис. 3) и перфорированная металлическая площадка, иногда применяемая на спортивных автомобилях (рис. 4).

При проведении опытов, сопровождаемых видеорегистрацией, было выявлено следующее. Вне зависимости от опыта водителя, при верхнем расположении шарнира педали и наиболее удобном, с позиции эргономики, расположении сиденья водителя относительно педали, траектория движения стопы водителя характеризуется низкой стабильностью (повторяемостью). При этом воспроизводство траектории движения существенно зависит от типа обуви водителя и материалов подметки и каблука.

Выявлено два основных типа движения стопы водителя при выжиме педали сцепления при трогании автомобиля с места.

Для первого типа выжима педали сцепления характерно устойчивое положение каблука обуви на полу (см. рис. 2). При нажатии на педаль происходит проскальзывание ступни водителя относительно площадки педали, что приводит к смещению контакта к носку обуви водителя, а у дам, с малым размером обуви, и к срыву ступни с педали. При отпускании педали, усилие выжима которой составляет для легковых автомобилей 150—200 Н [1, 3], а сила трения между стопой водителя и опорной площадкой педали 15—20 Н, что сопоставимо с силой трения между каблуком обуви и полом кабины, одинаково возможны движение стопы вокруг каблука или возвратное движение с проскальзыванием каблука относительно пола кабины. При этом, чем меньше размер обуви водителя и больше смещение в конце хода выжима сцепления опорной площадки педали к носку стопы водителя, становится существенным прогиб ступни, рост угла давления в этой паре трения и большая вероятность проскальзывания каблука от-

носительно пола кабины. О значительном проскальзывании обуви водителя по поверхности опорной площадки педали свидетельствует ярко выраженный износ накладки педали (см. рис. 3).

Часть водителей и большинство новичков, для достижения плавного трогания автомобиля с места, пытаются, трогаясь с места, сдвинуть стопу с выжатой педали сцепления до опоры пяткой в пол кабины. Это нередко приводит к срыву ступни с опорной площадки педали и неконтролируемому троганию, точнее рывку автомобиля с места.

Второй тип выжима педали сцепления характеризуется тем, что водитель изначально ставит на опорную площадку педали среднюю часть ступни, заранее исключая контакт с поверхностью пола. Этот тип характерен для женщин с обувью на каблуке высотой 20...30 мм и более. Трогание автомобиля при этом сопровождается отсутствием стабильности, проявлением рывков, снижением ресурса механизма сцепления. При отсутствии контакта каблука обуви водителя с полом кабины длина кинематической цепи педаль—водитель возрастает на два звена (голень и бедро), усложняя психофизическую координацию ноги водителя, снижая устойчивость посадки в сиденье и тем самым ведет к потере точности управления, а в итоге и снижению безопасности.

Современные большегрузные автомобили в подавляющем большинстве оснащены педальными узлами с нижним расположением шарниров. Размеры гидроцилиндров и пневматических кранов управления приводов муфты сцепления, тормозных механизмов и акселератора, ввиду значительного пространства под кабиной водителя, не вызывают затруднений при компоновке педалей с нижним расположением шарниров (рис. 5).

**Рис. 5. Педали с нижним расположением шарниров**

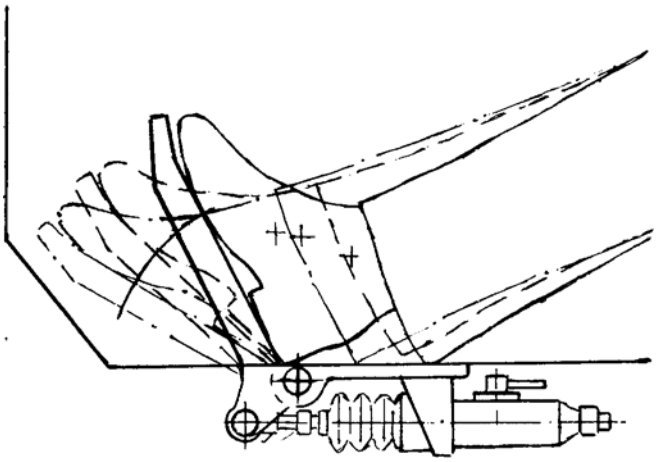


**Рис. 6. Педаль сцепления, расположенная на уровне пола кабины**

Расположение педалей тормоза и акселератора в автобусах регламентировано национальным стандартом РФ ГОСТ Р ИСО 16121—1 2011, идентичным международному стандарту [7]. Однако конструктивные особенности педали сцепления в стандарте не оговорены. Возможно этим объясняется применение подвесной (с верхним расположением шарнира) педали на автомобилях малой грузоподъемности и микроавтобусах.

В работах [2, 6] отмечается, что безопасность управления машиной в значительной мере определяется уровнем утомляемости водителя, пилота, оператора, зависящем от физиологического комфорта, исключающегося в напряжении мышц и совершении непроизводительных движений. Этому может способствовать устойчивая посадка водителя на сиденье и неперемещаемые места опоры пяток обеих ног относительно педалей.

Для оценки влияния кинематики педалей и биокинематики ног водителя при управлении автомобилем с нижним расположением шарниров педалей сцепления, тормоза и акселератора были проведены эксперименты с видеорегистрацией на автомобиле ЗАЗ-965 и кроссовом спортивном автомобиле "багги" кустарного производства.

Эксперименты, выполнявшиеся после поездок на автомобиле с подвесными педалями, выявили несомненно более высокий уровень комфортабельности управления при нижнем расположении шарниров педалей, отсутствие чувства " поиска педали сцепления", меньшей степени напряжения.

Анализ выполненных работ свидетельствует, что появившееся 50 лет назад техническое решение компоновать педали с верхними шарнирами и считаю-

щееся чуть ли не классикой, в мире современных быстроходных машин и нынешней загруженностью магистралей является не совсем безопасной конструкцией.

### Вывод

Из соображений безопасности шарниры педалей сцепления, тормоза и акселератора автомобиля целесообразно размещать на уровне пола кабины или под ним. При этом предпочтительно выполнять все педали в виде площадок на всю длину ступни водителя, а у основания площадок педалей сцепления и тормоза выштамповывать в поверхности пола кабины гнезда, по форме задней кромки каблука обуви на глубину 10—15 мм (рис. 6). Выполненные таким образом гнезда-углубления позволяют ориентировать и стабилизировать положение пяток ног водителя в продольном и поперечном направлениях, обеспечивать постоянную готовность к повороту стопы правой ноги вокруг пятки на площадку акселератора и обратно, а также к повороту стопы левой ноги вокруг пятки на упор левой ноги и обратно. Таким образом водитель не отрывает пяток от пола и тем самым не теряет опоры. При этом обеспечивается жесткая фиксация тела без напряжения скелетной мускулатуры.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Долматовский Ю. А.** Основы конструирования автомобильных кузовов. М., Машгиз, 1962.
2. **Платонов К. К.** Человек в полете. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Воениздат МО СССР, 1957. — 287 с.
3. **Родионов В. Ф., Фиттерман Б. М.** Проектирование легковых автомобилей. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1980. — 479 с.
4. **Филиппов О. А.** Кинематический синтез задающих устройств манипуляторов, согласующихся с движениями руки оператора. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. — М., 1983. — 19 с.
5. **Шульженко М. Н.** Конструкция самолетов. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: "Машиностроение", 1971. — 416 с.
6. **Цыганков Э. С.** Высшая школа водительского мастерства: Учеб. для студентов вузов. — 271 с.
7. **ГОСТ Р ИСО 16121-1—2011** Эргономика транспортных средств. Требования к рабочему месту водителя автобуса. Часть 1. 2011 г.


## КАМАЗы для холдинга "ESSEN"

В Набережных Челнах прошла передача партии автомобилей КАМАЗ-65207 в адрес ООО "ОПТОВИК", входящего в холдинг по производству и торговле продуктами питания ESSEN PRODUCTION AG.

Торжественная церемония передачи автомобилей состоялась на территории официального дилера "КАМАЗа" — компании "КОРИБ", которая выступила поставщиком в сделке.

Фургоны-рефрижераторы на шасси КАМАЗ-65207-1001—87, ставшие объектами сделки, отличаются высокими техническими характеристиками. Автомобили оснащены двигателем Daimler OM457LA экологического стандарта Евро 5, механической 16-ступенчатой КП ZF, системой нейтрализации отработавших газов (AdBlue), ведущими мостами Daimler HD4/HL4 на пневмоподвеске. Комфорт водителя обеспечивают установленные в кабине кондиционер, отопитель Eberspacher, тахограф российского стандарта с блоком средств криптографической защиты информации.

Данная сделка — уже второй по счету контракт, заключенный с группой предприятий ESSEN PRODUCTION AG. Ранее партия магистральных тягачей КАМАЗ-5490 в количестве десяти единиц была поставлена в адрес ООО "Эссен Логистик".

*Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"*

УДК 620.193

**И. В. Фадеев,** канд. техн. наук, доцент, **А. Н. Ременцов,** д-р пед. наук, канд. техн. наук, профессор,
**Ш. В. Садетдинов,** д-р хим. наук, профессор, МАДИ
E-mail: rementsov@madi.ru

# ВЛИЯНИЕ МОНОЭТАНОЛАМИНТЕТРАБОРАТАММОНИЯ В СОСТАВЕ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЛИ 08КП

*Рассматривается влияние моноэтаноламинтетраборатаммония в составе защитного покрытия из олигопластизоля (смеси пластизоля Д-11А и олигомера Д-10ТМ в массовом соотношении 100:5) на электрохимическое поведение стали 08КП в 5 %-процентном растворе хлорида натрия и среде, имитирующей условия эксплуатации автомобиля. Показано, что моноэтаноламинтетраборатаммоний, незначительно уменьшая влагопоглощение, существенно повышает противокоррозионные свойства изучаемого защитного покрытия.*

***Ключевые слова:*** *коррозия, электрохимическая защита, электродный потенциал, моноэтаноламинтетраборатаммоний, пластизоль, олигопластизоль, олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммоний.*

*Examines the impact of monoethanolamine in the composition of the protective coating from oligopolistically (mixture of plastisol D-11A and oligomer D-10TM in a weight ratio of 100:5) electrochemical behaviour of steel 08KP a 5 % solution of sodium chloride and an environment that simulates operating conditions of the vehicle. It is shown that monoethanolammonium, slightly reducing water absorption, significantly improves anti-corrosive properties of the investigated protective coatings.*

***Keywords:*** *corrosion, cathodic protection, electrode potential, monoethanolammonium, plastisol, oligopolistically, oligopolisticallymonoethanolammonium.*

В настоящее время в качестве состава для защиты колесных транспортных средств от коррозии, в особенности легкового автотранспорта, применяют различные вещества. Наибольшее распространение получила пластизольная мастика Д-11А. Однако как показывает практика, пластизоль не обеспечивает надежную защиту кузовов транспортных средств от коррозии. Поэтому исследования, направленные на разработку эффективных противокоррозионных защитных составов, являются весьма актуальными [1].

Пленку защитного состава следует рассматривать в первом приближении как изоляционный материал, одной из важнейших характеристик которого является замедление или полное подавление (практически очень трудно) скорости проникновения электролита через слой покрытия. Этот показатель во многом определяет свойство материала защищать от коррозии поверхности металлических изделий [2].

При погружении пленки защитного состава в электролит, по мере диффузионного проникновения электролита вглубь покрытия, общее сопротивление пленки должно уменьшаться в силу возникновения электрической проводимости. Время появления тока через покрытие определяет потребную его толщину для защиты от коррозии металлоизделия в той или иной среде.

Электрохимические исследования стали 08КП без защитной пленки, с пленкой из пластизоля Д-11А, пленкой из олигопластизоля (смеси пластизоля Д-11А и олигомера Д-10ТМ), пленкой из олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммония (смеси пластизоля Д-11А, олигомера Д-10ТМ и моноэтаноламинтетраборатаммония) проводили в 5-процентном растворе хлорида натрия и среде, имитирующей условия эксплуатации автомобиля. Максимальная концентрация имитирующего дорожные условия электролита по своей активности равноценна 5-процентному водному раствору хлорида натрия, которая и выбрана для дальнейших исследований. Синтез и свойства моноэтаноламинтетраборатаммония (МТБА) описаны в [3].

В ходе исследования была установлена зависимость изменения электродного потенциала от времени (рис. 1) и получены анодные потенциодинамические кривые "плотность тока — напряжение поляризации" (рис. 2), для чего использовали потенциостат П-5848. Измерения проводили относительно хлорсеребряного электрода сравнения (+0,201 В), скорость развертки потенциала 0,5 мВ/с, площадь электрода 0,248 см$^2$, остальная часть изолирована эпоксидной смолой по методике исследований, описанной в [4].

Согласно результатам исследований, представленных в работе [5], основными загрязнителями дорожного полотна являются ионы хлоридов $Cl^-$, аммония $NH_4^+$, сульфатов $SO_4^{2-}$ и нитратов $NO_3^-$.

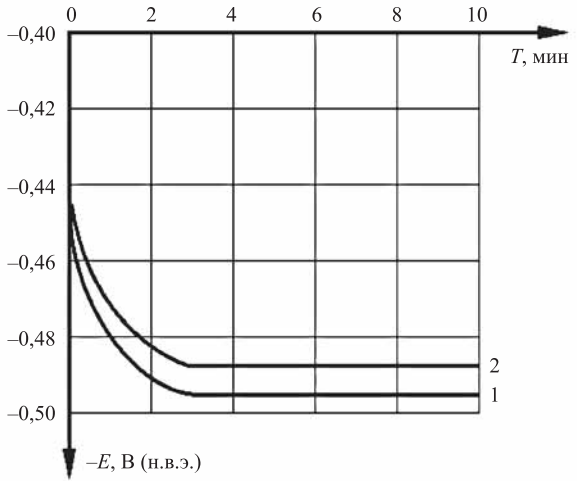



**Рис. 1. Зависимость изменения электродного потенциала стали 08КП:**

*1* — в 5-процентном растворе хлорида натрия; *2* — в среде, имитирующей условия эксплуатации автомобиля

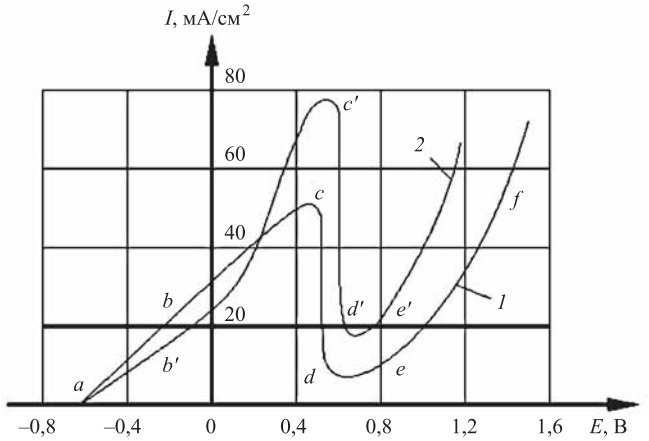



**Рис. 2. Анодные потенциодинамические поляризационные кривые для стали 08КП:**

*1* — в водном 5-процентном растворе хлорида натрия; *2* — в среде, имитирующей условия эксплуатации автомобиля

Химический анализ воды, пробы которой были взяты с поверхности дорожного покрытия в разных точках Чувашской Республики, показал, что концентрации активных ионов составили, мг-экв/л: хлоридов 22,00—26,00, аммония 0,25—0,55, сульфатов 5,18—5,82, нитратов 5,00—7,00. Исходя из этих значений, среду, имитирующую условия эксплуатации автомобиля, создавали растворением в одном литре дистиллированной воды хлорида натрия NaCl — 1,345 г; аммиачной воды $NH_4OH$ — 0,014 г; нитрата натрия $NaNO_3$ — 0,510 г; сульфата натрия $Na_2SO_4$ — 0,383 г.

При погружении очищенных электродов, не покрытых защитной пленкой, в исследуемые растворы их электродные потенциалы начинают смещаться в отрицательную сторону и по истечении 2—3 мин принимают, практически, постоянные значения (см. рис. 1). Они соответствуют значениям равновесных потенциалов электродов в данных условиях.

Смещение потенциала в отрицательную сторону с установившимися постоянными значениями означает, что материал в растворах подвержен постоянному растворению, т. е. происходит непрерывная коррозия с выделением ионов железа в электролит. Длительная выдержка способствует появлению очагов точечной коррозии, которые можно обнаружить визуально с помощью лупы уже через 24—30 ч выдержки.

Данное объяснение хорошо иллюстрируется при снятии анодных потенциодинамических кривых электродов в тех же средах (см. рис. 2).

При развитии потенциала от –0,44 до +1,4 В видно, что сталь проходит четыре состояния:

— активного растворении (участок *abc*);
— пассивации (участок *cd*);
— полной пассивации (участок *de*);
— вторичной активации (участок *ef*).

На участках *abc* идет интенсивный рост плотности тока коррозии, т. е. происходит активное растворение металла. Точка *c* является началом адсорбции кислорода на поверхности электрода, где начинается образование защитной пленки из продуктов коррозии, но она еще очень мала вследствие некоторого перенапряжения процесса. При этом слой пленки незначителен по толщине и возможно ее химическое растворение. При дальнейшем увеличении потенциала в положительную сторону начинается торможение анодного процесса, т. е. образующаяся на поверхности электрода пленка экранирует доступ ионов хлора к поверхности металла.

В точке *d* устанавливается равновесие между скоростью анодного растворения металла и замедлением этого процесса вследствие все ускоряющегося образования защитной пленки. Поэтому дальнейшее увеличение

скорости анодного растворения металла невозможно, и в точке *d* достигается предельный ток пассивации.

При дальнейшем увеличении потенциала скорость анодного растворения защитной пленки уже превышает скорость ее химического растворения и, следовательно, начинается процесс формирования защитной пленки, уменьшается плотность анодного тока. Формирование защитной пленки завершается в точке *c*, соответствующей так называемому потенциалу полной пассивации. В этой точке поверхность электрода уже полностью покрыта защитной пассивирующей пленкой.

Начиная с точки *c*, когда формирование сплошной защитной пленки закончено, скорость анодного процесса на электроде уже не зависит от смещения потенциала в положительную сторону. Это характерно для участка *cd*. Ход анодной кривой продолжается до точки *d*, характерной достижением потенциала начала анодного выделения кислорода по реакции:

$$H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-.$$

Дальнейшая анодная поляризационная кривая (участок *ef*) будет иметь логарифмическую зависимость. Она определяется перенапряжением анодного процесса выделения кислорода на внешней поверхности пленки. Для протекания этой реакции необходимо только прохождение сквозь пленки электронов. Поэтому этот процесс протекает без больших затруднений.

На поверхность кузова транспортного средства действуют не только хлориды, сульфаты, аммоний и нитраты, но и другие компоненты загрязнения, которые образуют совершенно другие электролиты, и характер коррозионных процессов на поверхности стали может иметь иную закономерность.

Защитные пленки получали путем погружения металлических образцов (электродов) из стали 08КП в защитные составы. Извлечение их из составов со скоростью 0,02—0,03 м/с позволяло получать однородные по толщине пленки защитных составов на всей площади образцов. Электроды выдерживались на воздухе при комнатной температуре (+16...+20 °С) в течение 24 ч. Испытывались составы, характеристики которых приведены в табл. 1.

Были проведены электрохимические исследования указанных составов с вариацией массовых соотношений компонентов. Результаты исследования зависимости изменения электродных потенциалов от времени по 13 различным вариантам представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что наибольшие установившиеся значения электродного потенциала имеют электроды, покрытые олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммонием. Величина концентрации олигомера Д-10ТМ и МТБА после соотношения 100:1,0:1,0 в смеси не влияет на значение электродного потенциала.

Необходимо отметить следующее. Слой покрытия защитного состава на электроде смещает потенциал стали в положительную сторону (рис. 3).

Это связано с экранирующей способностью пленок составов от доступа электролита к поверхности металла, и, по всей видимости, на границе фаз "покрытие — металл" под действием отдельных ингредиентов состава происходят поверхностные изменения потенциала электрода. Такие же явления можно наблюдать и при образовании на поверхности основного металла фосфатных пленок (при химическом травлении после проката преимущественно раствором азотной кислоты).

Как видно из рис. 3, начальные потенциалы электродов сразу начинают смещаться в положительную сторону (потенциал незащищенной стали равен –0,44 В). Электродные потенциалы стали в растворе хлорида натрия несколько отрицательнее, чем в электролите, имитирующем дорожные условия. Это означает, что вторая среда чуть менее агрессивна по отношению как к черным металлам, так и к защитным покрытиям. Действительно, в растворе хлорида натрия агрессивными являются хлор-ионы $Cl^-$, а в имитирующем составе кроме хлор-ионов $Cl^-$ присутствуют ионы аммония $NH_4^+$, сульфатов $SO_4^{2-}$, нитратов $NO_3^-$, которые могут оказывать ингибирующее действие как в отдельности, так и в различных сочетаниях.

Таблица 1

**Характеристика составов**

| № варианта | Составы (марки) | Характеристика |
|---|---|---|
| 1 | Пластизоль Д-11А | Дисперсия поливинилхлорида в пластификаторе с добавками стабилизаторов и наполнителей |
| 2 | Пластизоль Д-11А + олигомер Д-10ТМ с различными соотношениями по массе | Растворитель — ацетон, катализатор — перекись бензола (0,6 % массы Д-10ТМ) |
| 3 | Пластизоль Д-11А + олигомер Д-10ТМ+МТБА с различными соотношениями по массе | Растворитель — ацетон, катализатор — перекись бензола (0,6 % массы Д-10ТМ) |

Таблица 2

**Характерные значения электродных потенциалов стали 08КП, В**

| № варианта | Составы (покрытия) | 5-процентный раствор хлорида натрия | | Имитирующая коррозионная среда | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Начальное значение | Установившееся значение | Начальное значение | Установившееся значение |
| 1 | Пластизоль Д-11А | –0,28 | –0,20 | –0,26 | –0,14 |
| 2 | Пластизоль Д-11А + олигомер Д-10ТМ с соотношением по массе: | | | | |
| 2.1 | 100:1,0 | –0,28 | –0,16...–0,17 | –0,27 | –0,12...–0,13 |
| 2.2 | 100:3,0 | –0,28 | –0,16...–0,17 | –0,27 | –0,12...–0,13 |
| 2.3 | 100:5,0 | –0,28 | –0,16...–0,17 | –0,27 | –0,12...–0,13 |
| 2.4 | 100:7,0 | –0,28 | –0,16...–0,17 | –0,27 | –0,12...–0,13 |
| 2.5 | 100:10,0 | –0,28 | –0,16...–0,17 | –0,27 | –0,12...–0,13 |
| 2.6 | 100:15,0 | –0,28 | –0,16...–0,17 | –0,27 | –0,12...–0,13 |
| 3 | Пластизоль Д-11А + олигомер Д-10ТМ + МТБА с соотношением по массе: | | | | |
| 3.1 | 100:1,0:0,5 | –0,27 | –0,15...–0,16 | –0,26 | –0,10...–0,11 |
| 3.2 | 100:1,0:1,0 | –0,26 | –0,15...–0,16 | –0,25 | –0,08...–0,09 |
| 3.3 | 100:1,0:1,5 | –0,26 | –0,15...–0,16 | –0,25 | –0,08...–0,09 |
| 3.4 | 100:1,0:2,0 | –0,26 | –0,15...–0,16 | –0,25 | –0,08...–0,09 |
| 3.5 | 100:1,0:2,5 | –0,26 | –0,15...–0,16 | –0,25 | –0,08...–0,09 |
| 3.6 | 100:1,0:3,0 | –0,26 | –0,15...–0,16 | –0,25 | –0,08...–0,09 |

Олигопластизоль оказывает более благородное действие на металл, чем пластизоль, а олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммоний оказывает больший ингибиторный эффект, чем олигопластизоль.

Пластизоль Д-11А обладает слабым ингибиторным эффектом. Известно, ингибиторы способны сместить потенциал поверхности металла в положительную сторону, что является электрохимическим эффектом защиты. К тому же они во многих случаях вытесняют влагу с поверхности металла. Такие составы обладают лучшим экранирующим эффектом. Следовательно, олигопластизоль предпочтительнее, чем "чистая" пластизольная мастика Д-11А, а олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммоний предпочтительнее, чем олигопластизоль.

Представляет интерес характер анодных потенциодинамических кривых, снятых для стали 08КП в рассматриваемых средах (рис. 4). Этим способом

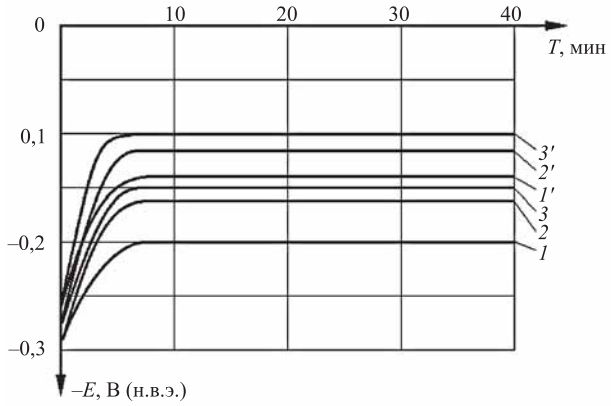



**Рис. 3. Изменение стационарного электродного потенциала стали 08КП в 5-процентном растворе хлорида натрия (*1, 2, 3*) и составе, имитирующем дорожные условия (*1′, 2′, 3′*), во времени с покрытием из пластизоля (*1, 1′*), олигопластизоля (*2, 2′*) и олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммония (*3, 3′*)**

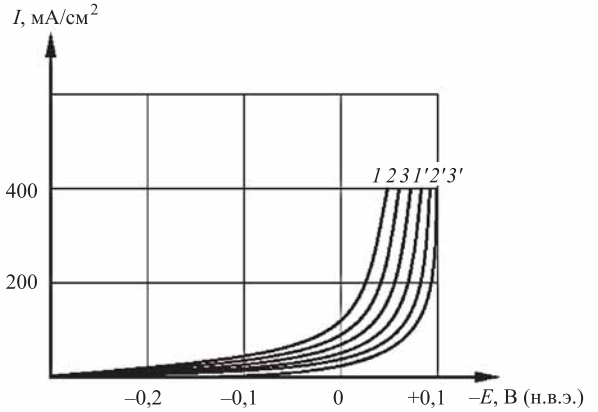



**Рис. 4. Анодные потенциодинамические кривые для стали 08КП с покрытием из пластизоля (*1, 1′*), олигопластизоля (*2, 2′*) и олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммония (*3, 3′*):**

*1, 2, 3* — в 5-процентном растворе хлорида натрия; *1′, 2′, 3′* — в составе, имитирующем дорожные условия

Таблица 3

**Результаты экспериментов по определению влагопоглощения составов**

| Наименование состава | № образцов | Длительность испытания, ч | Масса образцов, г | | | Масса пленки, г | | Влагопоглощение пленки, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | без защитного покрытия | с защитным покрытием | | | | | |
| | | | | до эксперимента | после эксперимента | до эксперимента | после эксперимента | каждого образца | средняя по варианту |
| Пластизоль Д-11А | 1 | 48 | 23,53580 | 31,156 | 31,376 | 7,62 | 7,84 | 2,9 | 3,42 |
| | 2 | | 23,50505 | 32,206 | 32,53 | 8,7009 | 9,0251 | 3,73 | |
| | 3 | | 22,82075 | 31,51 | 31,08 | 8,6894 | 9,0054 | 3,64 | |
| | 4 | 96 | 23,05515 | 32,205 | 32,52 | 9,1502 | 9,4651 | 3,44 | 3,97 |
| | 5 | | 22,95550 | 31,155 | 31,461 | 8,1995 | 8,5054 | 3,73 | |
| | 6 | | 23,16500 | 31,955 | 32,33 | 8,7501 | 9,1654 | 4,74 | |
| Олигопластизоль | 7 | 48 | 22,45035 | 29,4 | 29,485 | 6,8599 | 7,0351 | 2,55 | 3,07 |
| | 8 | | 23,24005 | 32,2 | 32,531 | 8,9601 | 9,2907 | 3,61 | |
| | 9 | | 22,97095 | 31,85 | 32,116 | 8,8795 | 9,1447 | 3,1 | |
| | 10 | 96 | 23,57065 | 31,405 | 31,63 | 7,8353 | 8,0594 | 2,86 | 3,51 |
| | 11 | | 22,75070 | 31,506 | 31,835 | 8,7551 | 9,0845 | 3,76 | |
| | 12 | | 22,66585 | 30,041 | 30,331 | 7,3745 | 7,665 | 3,9 | |
| Олигопластизоль-моноэтанол-аминтетраборат-аммоний | 13 | 48 | 23,95020 | 31,61 | 31,411 | 7,2099 | 7,4607 | 3,44 | 3,05 |
| | 14 | | 23,89500 | 31,755 | 31,456 | 7,8604 | 8,1106 | 2,7 | |
| | 15 | | 23,52080 | 31,291 | 31,531 | 7,7701 | 8,0201 | 3,02 | |
| | 16 | 96 | 23,37055 | 30,141 | 30,846 | 7,7702 | 7,4751 | 3,7 | 3,48 |
| | 17 | | 22,88515 | 31,106 | 31,37 | 8,2207 | 8,495 | 3,31 | |
| | 18 | | 22,89005 | 31,856 | 32,2 | 8,9966 | 9,3104 | 3,43 | |

Примечания: 1. Образцы не имеют отверстий для вывешивания;
2. Из массы образцов вычли массы медных проволок, предназначенных для подвешивания образцов с целью сушки нанесенных пленок.

можно установить влияние олигомера Д-10ТМ на улучшение защитных свойств пластизоля Д-11А и влияние МТБА на улучшение противокоррозионных свойств олигопластизоля.

Из рис. 4 видно, что в отличие от чистых электродов сталь с покрытием при анодной поляризации вместо четырех состояний (активное растворение, участок пассивации, полной пассивации и вторичной активации) находится только в двух состояниях: имеет участки пассивации и активации. Начальный электродный потенциал металла с –0,44 В сразу смещается до –0,25...–0,18 В, к тому же начало активации имеет уже положительный потенциал, равный + 0,05...+ 0,08 В.

МТБА в смеси олигомера Д-10ТМ с пластизольной мастикой Д-11А смещает потенциал начала активации электрода на 0,26...0,3 В. Это свидетельствует о существенном повышении противокоррозионных свойств защитного состава.

Следует отметить, что аминоборатная ингибиторная добавка преимущественно замедляет анодный процесс.

Согласно [6] высокая защитная способность МТБА связана с формированием на поверхности металла более уплотненной пассивной феррогидроксоаминоборатной пленки, образуемой одновременно по донорно-акцепторному механизму через атом азота, гидроксильные группы и хемосорбцию борат-ионов.

Другим немаловажным свойством защитных покрытий является продолжительность времени начала появления тока коррозии (противостояние влагопоглощению) и изменение характера величины тока во времени.

Влагопоглощение (В) пленок защитных покрытий определяли гравиметрическим методом по формуле:

$$B = \frac{M_2 - M_1}{M_1} 100\ \%,$$

где $M_1$, $M_2$ — массы (г) образцов до и после эксперимента соответственно.

Для этого образцы с составами выдерживали в водопроводной воде в течение 48 и 96 ч. Результаты экспериментов представлены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что пленки из олигопластизоля и олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммония по сравнению с пленкой из пластизоля Д-11А имеют меньшую степень диффузии влаги на 11,4 и 12,1 % через 48 ч, на 13,1 и 14,1 % через 96 ч соответственно, т. е. можно судить о меньшем объеме микро- и макропор в их пленках:

— олигопластизоль:

через 48 ч — (3,42 – 3,07): 3,07 · 100 % = 11,4 %;

через 96 ч — (3,97 – 3,51): 3,51 · 100 % = 13,1 %.

— олигопластизольмоноэтаноламинтетраборатаммоний:

через 48 ч — (3,42 – 3,05): 3,05 · 100 % = 12,1 %;

через 96 ч — (3,97 – 3,48): 3,48 · 100 % = 14,1 %.

Присутствие МТБА в составе олигопластизоля снижает влагопоглощение его пленки на:

— через 48 ч — (3,07 – 3,05): 3,05 · 100 % = 0,7 %;

— через 96 ч — (3,51 – 3,48): 3,48 · 100 % = 0,9 %.

МТБА, незначительно улучшая противостояние влагопоглощению олигопластизоля, существенно повышает эффект ингибитора коррозии стали, что позволяет рекомендовать изученный состав в качестве противокоррозионной композиции для защиты нижних частей кузовов транспортных средств от коррозии.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Фадеев И. В.** Исследование влияния компонентов агрессивной среды дорожного полотна на коррозию днища кузова легкового автомобиля: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. — М.: МАДИ, 2010. — 222 с.
2. **Фадеев И. В.** Противокоррозионные полимерные композиции на основе олигоэфируретандиметакрилата Д-10ТМ // Автотранспортное предприятие. — 2009. — № 12. — С. 48—51.
3. **Скворцов В. Г., Садетдинов Ш. В., Михайлов В. И., Митрасов Ю. Н.** Системы полибораты аммония — аминоспирты — вода и их ингибиторные свойства // Журн. неорган. химии. — 1994. — Т. 39. — № 11. — С. 1908—1912.
4. **Фрейман Л. И., Макаров А. А., Брыксин И. Е.** Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защиты. — Л.: Химия, 1972. — 240 с.
5. **Фадеев И. В., Ременцов А. Н.** Установление периодичности противокоррозионной обработки кузовов легковых автомобилей // Вестник МАДИ. — 2010. — № 2 (21). — С. 15—17.
6. **Розенфельд И. Л., Фролова Л. В., Тавадзе Н. Н.** Влияние воздушно образованной окисной пленки на защитные свойства неорганических ингибиторов в нейтральных средах // Защита металлов. — 1980. — Т. 16, Г 3. — С. 339—342.

УДК 339

**В. А. Подхалюзина,** канд. эконом. наук, доцент, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
E-mail: valya74@rambler.ru

# МЕТОДИКА НАУЧНОЙ ФОРМЫ ПРЕДВИДЕНИЯ БУДУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТА РЕГИОНА

*В статье предлагается методика научной формы предвидения будущего состояния транспорта региона России на примере автомобильного транспорта Москвы.*

***Ключевые слова**: предвидение, прогноз, транспорт, регион*

*The paper proposes a method of predicting the future form of the scientific status of transport of Russia in the region, on the example of Moscow's road transport.*

***Keywords:** foresight, forecast, transport, region.*

## Введение

Общеизвестно, что транспорт — одна из важнейших отраслей экономики любой страны, включая Россию. Поэтому необходимо не только оценивать и анализировать экономическое состояние транспорта страны за прошедшие и текущие периоды, но и предвидеть его будущее с целью укрепления позиций, дальнейшего развития и недопущения кризисного состояния.

## Теоретические основы

Предвидение будущего состояния транспорта — это конкретный результат познания определенных закономерностей развития транспорта страны/региона.

Научная форма предвидения — это суждение о состоянии транспорта страны/региона, основанное на научной теории, выстроенной с помощью конкретных научных методов.

Формы научного предвидения будущего состояния транспорта:

— гипотеза — это суждение о будущем состоянии транспорта страны/региона, которое может случиться, а может и нет;

— прогноз — это будущее состояние транспорта страны/региона, варианты его развития и сроки достижения, которые научно обоснованы;

— план — это предвидение определенных событий транспорта страны/региона в рамках достижения поставленной цели.

Поскольку гипотеза может дать информацию только о качественных характеристиках транспорта страны/региона, а план необходим только для достижения конкретной цели, то для того чтобы узнать будущее научно обоснованное состояние рассматриваемой проблемы, необходимо использовать такую форму научного предвидения как прогноз.

Виды прогнозов в зависимости от целей их разработки:

— поисковые прогнозы — это выяснение будущего состояния транспорта, сохраняя тенденции настоящего и прошлого;

— нормативные прогнозы — прогнозы, разработанные от конкретного состояния транспорта страны/региона в перспективе с учетом заранее поставленных целей, конкретных задач, сроков достижения, современного состояния.

В нашем случае будем разрабатывать именно поисковый прогноз, так как нам важно знать, что станет с российским транспортом, если сохранится текущая ситуация.

Для дальнейшего исследования определим объект прогнозирования — транспорт — автомобильный транспорт Москвы.

Рассматриваемый объект прогнозирования является детерминированным, т. е. его можно описать с помощью математических формул.

При составлении прогноза необходимо придерживаться следующих этапов:

— разработка экономической модели объекта прогнозирования;

— определение оптимального варианта прогноза.

Модель автомобильного транспорта Москвы — это его математическое описание, позволяющее получить информацию о его состоянии в будущем и в вариантах достижения такого состояния.

Экономическая модель — это модель автомобильного транспорта Москвы, которая основывается на выявлении взаимозависимостей между разными экономическими показателями развития транспорта города.

Для описания рассматриваемой модели будут использованы следующие формы: словесное описание, графическое, математическое.

## Разработка экономической модели транспорта Москвы

По видам транспорт Москвы делится на:

1. Железнодорожный транспорт.
2. Автомобильный транспорт.
3. Авиационный транспорт.
4. Электрический транспорт.
5. Речной транспорт.

Рассмотрим железнодорожный транспорт г. Москвы (табл. 1).

По данным табл. 1 можно заключить, что максимальная общая численность отправленных пассажиров зафиксирована в 2007 и 2009 гг., а минимальная — в 2010 г. Численность отправленных пассажиров в пригородном сообщении имеет такие же максимальное и минимальное значения, как и общая численность отправленных пассажиров.

Рассмотрим электрический транспорт г. Москвы в табл. 2.

По данным табл. 2 можно сказать, что по перевозке пассажиров первое место занимает метрополитен, после него троллейбус и последнее место занимает трамвай. По данным перевозки пассажиров метрополитеном видно, что объем перевозок с каждым годом возрастает, а также увеличивается число рейсов и количество подвижного состава. По сравнению с 2010 г. в 2014 г. этот показатель увеличился на 117 тыс. По данным перевозки трамваем видно, что

Таблица 1

**Показатели Московского железнодорожного транспорта [1]**

| Годы | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Отправка грузов, млн т | 6,6 | 7 | 7,7 | 8 | 8,2 | 8 | 7,8 | 7,3 | 5,4 | 6,1 | 6,1 | 5,3 | 4,8 |
| Прибыло грузов, млн т | 30,1 | 31,6 | 33,1 | 32,1 | 31,3 | 33,7 | 36 | 31,8 | 18,7 | 21,2 | 22,2 | 26,3 | 26,3 |
| Общая численность отправленных пассажиров, млн чел. | 284 | 282 | 309 | 344 | 350 | 352 | 346 | 351 | 248 | 274 | 295 | 320 | 337 |
| Из них: численность отправленных пассажиров в пригородном сообщении, млн чел. | 256 | 255 | 281 | 314 | 319 | 322 | 315 | 320 | 221 | 248 | 269 | 294 | 312 |

Таблица 2

**Показатели электрического транспорта г. Москва (составлено автором по [2])**

| Вид транспорта | Метрополитен | | | | | Трамвай | | | | | Троллейбус | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Годы | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Число подвижного состава, т | 4535 | 4512 | 4679 | 4831 | 5052 | 975 | 971 | 970 | 959 | 964 | 1652 | 1668 | 1640 | 1900 | 1946 |
| Коэффициент использования подвижного состава, % | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Перевезено пассажиров, млн чел. | 2392 | 2348 | 2389 | 2464 | 2491 | 230 | 221 | 214 | 201 | 211 | 346 | 323 | 319 | 305 | 310 |
| Число рейсов, тыс. | 3588 | 3527 | 3578 | 3633 | 3705 | 3116 | 3148 | 3049 | 3227 | 3448 | 6766 | 6803 | 6700 | 7386 | 7442 |

данный показатель является нестабильным. До 2014 г. он уменьшался и только в 2014 г. этот показатель возрос на 10 млн чел. по сравнению с 2013 г. Также с каждым годом увеличивается число рейсов трамвайного транспорта. По сравнению с 2010 г. в 2014 г. их стало больше на 332 тыс. Троллейбусные перевозки нестабильны. До 2014 г. их показатели постепенно снижаются и только в 2014 г. они увеличились на 5 млн чел. по сравнению с 2013 г. Число рейсов и число подвижного состава также увеличилось в течение данного периода времени.

Рассмотрим авиационный транспорт г. Москвы (табл. 3).

По данным табл. 3 рассчитаем показатели динамики авиационного транспорта (табл. 4).

По данным табл. 4 можно заключить, что наибольший темп прироста по пассажирообороту достигнут в 2011 г. (35,43 %). Отрицательный прирост по грузообороту отмечен в 2010 г. (его значение меньше на 9,02 % по сравнению с 2009 г.). По базисному темпу прироста можно сказать, что по сравнению с 2006 г. все последующие значения имеют положительный темп прироста и имеют тенденцию к возрастанию на протяжении всего исследуемого периода.

Также можно сказать, что максимальное значение темпа прироста по показателю "перевозка пассажиров" имеет также в 2011 г. (33,53 %). Отрицательное значение темпа прироста имеет только 2010 г. (уменьшение на 11,76 % по сравнению с 2009 г.). По базисному темпу прироста можно сказать, что по сравнению с 2006 г. все последующие значения имеют положительный темп прироста тенденцией к возрастанию на протяжении всего исследуемого периода.

Таблица 3

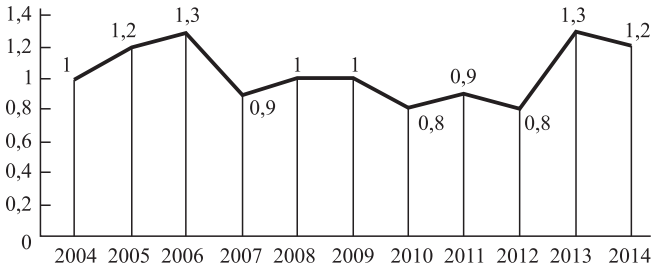
**Показатели авиационного транспорта [3]**

| Годы | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Пассажирооборот, млн пасс-км | 25 957,8 | 30 288,5 | 34 386 | 36 461,4 | 33 171,5 | 44 923,1 | 45 169,8 | 55 991,8 | 66 806,3 |
| Перевезено пассажиров, тыс. чел. | 8940,5 | 10 217 | 12 098,7 | 13 545,7 | 11 953 | 15 960,8 | 16 399,3 | 19 914 | 25 469,4 |
| Перевезено грузов, тыс. т | 180 | 190 | 264,3 | 327,9 | 321,8 | 523,7 | 517,4 | 583,6 | 634,2 |

Таблица 4

**Показатели динамики авиационного транспорта в г. Москве (рассчитано автором по данным табл. 3)**

| Показатель | Ед. изм. | Годы | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Темп роста, % | Млн пасс-км | 116,68 | 113,53 | 106,4 | 90,98 | 135,43 | 100,55 | 123,96 | 119,31 |
| | Тыс. чел | 114,28 | 118,42 | 111,96 | 88,24 | 133,53 | 102,75 | 121,43 | 127,9 |
| | Тыс. т | 105,56 | 139,11 | 124,06 | 98,14 | 162,74 | 98,8 | 112,8 | 108,67 |
| Темп прироста, % | Млн пасс-км | 16,68 | 13,53 | 6,04 | –9,02 | 35,43 | 0,55 | 23,96 | 19,31 |
| | Тыс. чел | 14,28 | 18,42 | 11,96 | –11,76 | 33,53 | 2,75 | 21,43 | 27,9 |
| | Тыс. т | 5,56 | 39,11 | 24,06 | –1,86 | 62,74 | –1,2 | 12,8 | 8,67 |
| Базисный темп роста (по 2006 г.) | Млн пасс-км | 116,68 | 132,47 | 140,46 | 127,79 | 173,06 | 174,01 | 215,7 | 257,37 |
| | Тыс. чел | 114,28 | 135,33 | 151,51 | 133,69 | 178,52 | 183,43 | 222,74 | 284,88 |
| | Тыс. т | 105,56 | 146,83 | 182,17 | 178,78 | 290,94 | 287,44 | 324,22 | 352,33 |
| Базисный темп прироста (по 2006 г.) | Млн пасс-км | 16,68 | 32,47 | 40,46 | 27,79 | 73,06 | 74,01 | 115,7 | 157,37 |
| | Тыс. чел | 14,28 | 35,33 | 51,51 | 33,69 | 78,52 | 83,43 | 122,74 | 184,88 |
| | Тыс. т | 5,56 | 46,83 | 82,17 | 78,78 | 190,94 | 187,44 | 224,22 | 252,33 |




**Перевозка пассажиров речным транспортом Москвы, млн чел. (составлено автором по [4])**

Максимальное значение темпа прироста для показателя "перевозка грузов" наблюдается в 2011 г. (62,74 %). Ситуация по этому показателю развивается так же, как и у перевозки пассажиров. В 2010 г. темп прироста имеет отрицательное значение (–1,86 %). Все последующие годы после 2006 г., темп прироста возрастает.

Рассмотрим показатели речного транспорта г. Москвы (рисунок).

Как видно из рисунка, максимальные значения по перевозке пассажиров речным транспортом достигли в 2006 и 2013 гг., а минимальное значение наблюдалось в 2010 и 2012 гг. С 2004 по 2006 гг. происходит постепенное возрастание данного показателя. По сравнению с 2004 г. показатель 2006 г. возрос на 0,3 млн чел. После данного периода отследить динамику перевозки пассажиров речным транспортом становится невозможно, данный показатель является нестабильным.

Автомобильный транспорт — самый распространенный транспорт в Москве по перевозке грузов, а также занимает второе место по пассажирским перевозкам среди других видов транспорта. В табл. 5 представлено количество автотранспортных средств в Москве в разные годы.

По данным табл. 5 можно сделать вывод, что количество автомобильного транспорта с каждым годом неуклонно растет. По ее данным рассчитаем показатели динамики количества автомобильного транспорта (табл. 6).

Данные табл. 6 показывают, что все показатели прироста положительные. Наибольшее значение наблюдается в 2010 г., где темп прироста равен 6,89 %. Наименьшее значение наблюдается в 2014 г., что составляет 1,23 %. По расчету базисного темпа прироста по сравнению с 2008 г. видно, что темпы прироста ежегодно увеличиваются.

## Автомобильный транспорт Москвы. Разработка прогноза

Объект прогнозирования — количество автомобильного транспорта в Москве. Для разработки прогноза используем формализованные методы прогнозирования — экстраполяции: метод скользящей средней, метод экспоненциального сглаживания, метод наименьших квадратов.

Исходные данные для целей прогнозирования представлены в табл. 5. Результаты расчетов представлены в табл. 7, 8, 9.

Прогноз по методу скользящей средней равен 4311 тыс. автомобилей.

Прогноз по методу скользящей средней равен 4075 тыс. автомобилей.

Прогноз по методу скользящей средней равен 4571 тыс. автомобилей.

Таблица 5

**Количество автомобильного транспорта, тыс. ед. [5]**

| Годы | 2005 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| На конец периода | 2 932 | 3 587 | 3 641 | 3 892 | 3 996 | 4 195 | 4 316 | 4 369 |

Таблица 6

**Показатели динамики количества автомобильного транспорта в г. Москве (рассчитано автором по данным табл. 5)**

| Годы | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Темп роста, % | 101,51 | 106,89 | 102,67 | 104,98 | 102,88 | 101,23 |
| Темп прироста, % | 1,51 | 6,89 | 2,67 | 4,98 | 2,88 | 1,23 |
| Базисный темп роста (по 2008 г.) | 101,51 | 108,5 | 111,4 | 116,95 | 120,32 | 121,8 |
| Базисный темп прироста (по 2008 г.) | 1,51 | 8,5 | 11,4 | 16,95 | 20,32 | 21,8 |

Таблица 7

**Расчетная таблица по методу скользящая средняя (рассчитано автором по данным табл. 5)**

| Год | *Y* | *m* |
|---|---|---|
| 2008 | 3587 | — |
| 2009 | 3641 | 3706,67 |
| 2010 | 3892 | 3843,00 |
| 2011 | 3996 | 4027,67 |
| 2012 | 4195 | 4169,00 |
| 2013 | 4316 | 4293,33 |
| 2014 | 4369 | — |

Таблица 8

**Расчетная таблица по методу экспоненциального сглаживания (рассчитано автором по данным табл. 5)**

| Год | *Y* | *U* |
|---|---|---|
| 2008 | 3587 | 3587,00 |
| 2009 | 3641 | 3587,00 |
| 2010 | 3892 | 3600,50 |
| 2011 | 3996 | 3673,38 |
| 2012 | 4195 | 3754,03 |
| 2013 | 4316 | 3864,27 |
| 2014 | 4369 | 3977,21 |

Таблица 9

**Расчетная таблица по методу наименьших квадратов (рассчитано автором по данным табл. 5): $Y_ф$ — фактические данные, *x* — номер по порядку года, $Y_р$ — расчетные данные**

| Год | $Y_ф$ | *x* | $x^2$ | $Y_ф \cdot x$ | $Y_р$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2008 | 3587 | 1 | 1 | 3587 | 3570,97 |
| 2009 | 3641 | 2 | 4 | 7282 | 3713,79 |
| 2010 | 3892 | 3 | 9 | 11 676 | 3856,61 |
| 2011 | 3996 | 4 | 16 | 15 984 | 3999,43 |
| 2012 | 4195 | 5 | 25 | 20 975 | 4142,25 |
| 2013 | 4316 | 6 | 36 | 25 896 | 4285,07 |
| 2014 | 4369 | 7 | 49 | 30 583 | 4427,89 |
| Σ | 27 996 | 28 | 140 | 115 983 | |

Таким образом, метод наименьших квадратов показал оптимистичный результат, метод экспоненциального сглаживания — пессимистичный результат, метод скользящей средней — оптимальный вариант.

В ходе проведения научной формы предвидения в виде экономического прогнозирования получено будущее количество автомобилей в Москве в размере 4,3 млн ед.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Основные показатели** работы Московского железнодорожного узла // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по городу Москве URL: http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/moscow/ru/statistics/enterprises/transport (дата обращения: 04.03.2016).
2. **Городской пассажирский электрический транспорт** общего пользования// Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по городу Москве URL: http://ehd.moscow/index.php?id_src=271&id_ind=8126350&id_mode=1&id_tab=1&action=show_details_open&show=inds&show_full=1&exist=un&source=-9999&id_root[0]=271_271&id_root[1]=271_8126350 (дата обращения: 04.03.2016).
3. **Основные показатели работы авиационного транспорта** // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по городу Москве URL: http://ehd.moscow/index.php?id_src=271&id_ind=8078299&id_mode=1&id_tab=1&action=show_details_open&show=inds&show_full=1&exist=un&source=-9999&id_root[0]=271_271&id_root[1]=271_80782991 (дата обращения: 04.03.2016).
4. **Основные показатели работы речного транспорта** // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по городу Москве URL: http://ehd.moscow/index.php?id_src=271&id_ind=69044000&id_mode=1&id_tab=1&action=show_details_open&show=inds&show_full=1&exist=un&source=-9999&id_root[0]=271_271&id_root[1]=271_69044000 (дата обращения: 04.03.2016).
5. **Автомобильный транспорт** // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по городу Москве URL: http://ehd.moscow/index.php?id_src=361&id_ind=302&id_mode=1&id_tab=1&action=show_details_open&show=inds&show_full=1&exist=un&source=-9999&id_root[0]=361_361&id_root[1]=361_302 (дата обращения: 04.03.2016).

УДК 621.436, 656.064

**В. А. Марков,** д-р техн. наук, профессор, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,
**Е. В. Бебенин,** канд. техн. наук, доцент,
Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова
E-mail: vladimir.markov58@yandex.ru

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАПРАВКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ГАЗООБРАЗНЫМ ТОПЛИВОМ

*Рассмотрены проблемы, возникающие при адаптации двигателей внутреннего сгорания к работе на газообразных топливах. Одной из проблем использования этих топлив является доставка и заправка транспортных средств и сельскохозяйственной техники газообразным топливом. Предложен усовершенствованный способ заправки транспортных средств и сельскохозяйственной техники газообразным топливом.*

***Ключевые слова:*** *двигатель внутреннего сгорания, дизельный двигатель, газодизельный двигатель, дизельное топливо, газообразное топливо, природный газ, метан, система подачи газа в двигатель.*

*Problems of adapting of internal combustion engines to functioning on gaseous fuels are considered. One of the problems of using these fuels is the delivery and refueling of vehicles and agricultural machinery with gaseous fuel. The improved method of fueling vehicles and agricultural machinery with gaseous fuel is suggested.*

***Keywords:*** *internal combustion engine, diesel engine, gas diesel engine, diesel fuel, gaseous fuel, natural gas, methane, fuel gas supply system.*

В России и за рубежом проводятся многочисленные исследования, направленные на адаптацию двигателей внутреннего сгорания к работе на различных альтернативных топливах [1—3]. Некоторые из этих топлив уже широко применяются в двигателях транспортного и автотракторного назначения. Для условий Российской Федерации привлекательным представляется использование в качестве газомоторного топлива природного газа. Доля России в разведанных мировых запасах природного газа равна 25 %. При этом на мировом рынке добычи газа доля России составляет более 18 %. Это наивысший показатель среди стран, добывающих природный газ. Для сравнения — по запасам нефти позиции России скромнее: 5,3 % мировых запасов нефти (восьмое место на планете).

Природный газ является наиболее известным и исследованным газовым топливом. Уникальные физико-химические свойства, значительные естественные запасы, развитая сеть доставки газа от месторождений во многие регионы страны по магистральным газопроводам и газоотводам, экологические преимущества в сравнении с традиционными видами топлива позволяют рассматривать природный газ как наиболее перспективное и универсальное моторное топливо России в XXI веке. Его применение, в первую очередь, целесообразно на автомобильном транспорте, потребляющем большую часть моторных топлив, а также в сельскохозяйственных машинах. Перспективно использование этого вида топлива на железнодорожном транспорте, в судовых дизелях, дизель-генераторных и мотокомпрессорных установках, в других стационарных двигателях.

Природный газ (метан) можно использовать в качестве топлива для транспортных двигателей как в сжатом (компримированном) виде, так и в сжиженном состоянии при низкой температуре (ниже –162 °С) и незначительном избыточном давлении. Применение сжиженного природного газа (СПГ) позволяет значительно повысить энергоемкость баллонов для его хранения, но применение СПГ осложнено рядом обстоятельств. Стоимость сжиженного метана выше,

чем компримированного, а хранение более сложно: при обращении с жидкостью, имеющей температуру ниже –162 °С, требуются особые меры предосторожности. Кроме того, при хранении и транспортировке СПГ неизбежны потери вследствие испарения, достигающие в отдельных случаях 7,2—7,5 % в сутки [1]. Это не только приводит к потерям топлива, но и увеличивает пожаро- и взрывоопасность. Поэтому в настоящее время природный газ как газомоторное топливо находит применение, в первую очередь, в виде компримированного природного газа (КПГ).

Газовые двигатели обычно разрабатывают на базе серийно выпускаемых двигателей, работающих на жидком топливе. При конвертировании двигателей внутреннего сгорания к работе на природном газе в качестве базовых двигателей могут быть использованы как бензиновые двигатели (двигатели с принудительным воспламенением рабочей смеси от свечи зажигания), так и дизельные двигатели (двигатели с воспламенением рабочей смеси от теплоты сжатия) [1, 4]. Более рациональным представляется конвертирование на КПГ дизельных двигателей, отличающихся повышенными степенями сжатия $\varepsilon$ и коэффициентами избытка воздуха $\alpha$. В результате, при адаптации дизелей к работе на природном газе удается обеспечить более высокую эффективность процесса, и, как следствие, снижение расхода топлива.

Целесообразность использования газомоторного топлива в двигателях сельхозмашин обусловлена необходимостью снижения себестоимости сельхозпродукции, а также обостряющимися экологическими проблемами. Значительную часть в себестоимости продукции сельского хозяйства занимают расходы на энергоносители. Так, в ее производстве затраты на горюче-смазочные материалы достигают 50 %. Необходимо также отметить, что наибольшим спросом у потребителя пользуются экологически чистые продукты сельского хозяйства. В связи с этими обстоятельствами в настоящее время активно разрабатываются и внедряются технологии использования газообразного топливо в сельхозмашинах различного назначения.

Многочисленные аналитические исследования [5—8] показывают, что в ближайшей перспективе рынок газомоторного топлива будет успешно развиваться (рис. 1). Однако доля применения газомоторного топлива, в частности компримированного природного газа (метана) в производстве сельскохозяйственной продукции очень мала. Это объясняется несколькими причинами. Одна из главных проблем, возникающих при адаптации двигателей

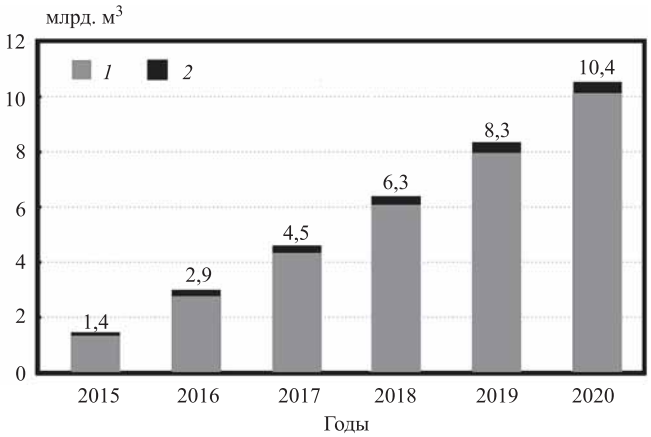



**Рис. 1. Потенциал потребления КПГ автотранспортом (*1*) и сельхозтехникой (*2*)**

внутреннего сгорания к работе на газообразных топливах, — необходимость их оснащения эффективными системами подачи газообразного топлива и реализации мероприятий по надежному воспламенению рабочей смеси. Не менее серьезной проблемой является практическое отсутствие инфраструктуры для бесперебойного снабжения сельскохозяйственной техники, то есть затруднительная доставка газомоторного топлива к местам работы сельскохозяйственных машин. Целью данной статьи является теоретическое и практическое обоснование повышения эффективности доставки газомоторного топлива к местам работы сельскохозяйственных машин.

В справочной технической литературе имеются номограммы, позволяющие распланировать организацию доставки традиционных жидких нефтяных топлив для нужд сельхозпроизводителей [9, 10]. Подобные номограммы достаточно просты в использовании и позволяют рассчитать требуемый объем доставки топлива с необходимой точностью (рис. 2). Но для оценки необходимого количества газомоторного топлива подобных номограмм не существует. В связи с этим, взяв за основу принцип построения номограммы на рис. 2, можно разработать целесообразную организацию доставки газомоторного топлива, в частности компримированного природного газа, на сельскохозяйственное предприятие.

В современных условиях доставка газообразного топлива осуществляется преимущественно двумя способами — самозаправкой, когда автомобиль или сельскохозяйственная техника своим ходом добирается до сравнительно удаленных автомобильных газонаполнительных станций (АГНКС, рис. 3), и при помощи передвижных автогазозаправщиков (ПАГЗов), выполненных на базе грузовых автомобилей (рис. 4 и 5).

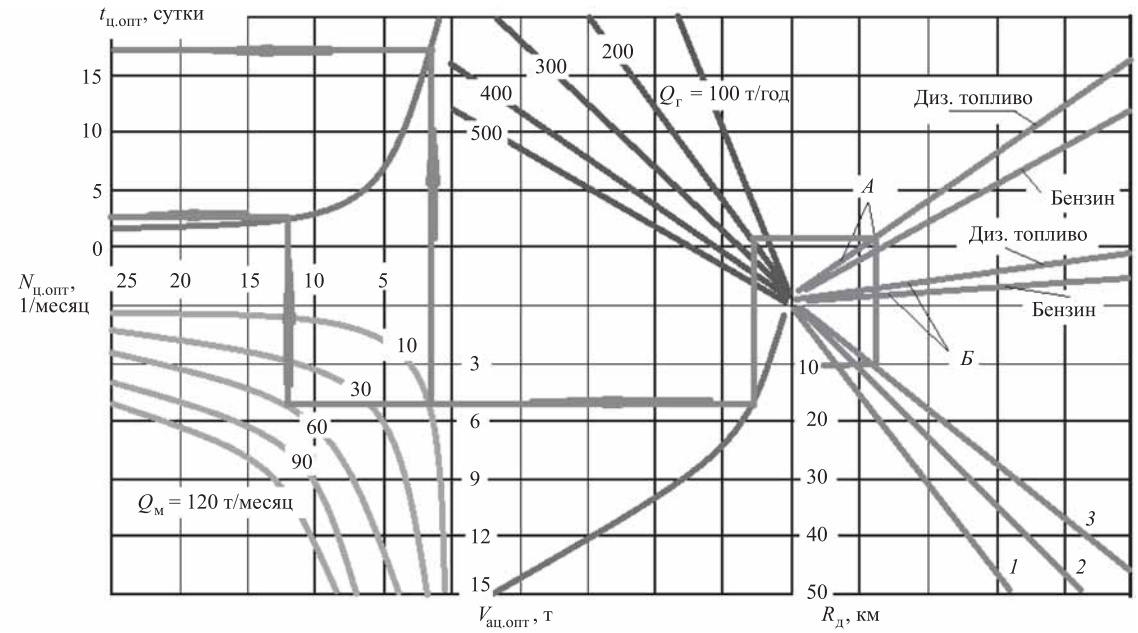



**Рис. 2. Номограмма для определения оптимальных объема, частоты и периодичности доставки нефтепродукта на нефтесклад по различным типам дорог:**

*1* — улучшенная дорога, *2* — дорога с твердым покрытием; *3* — грунтовая дорога; *А* — модель с постоянным объемом доставки; *Б* — модель с переменным объемом доставки; $R_d$ — расстояние доставки; $Q_г$ и $Q_м$ — годовая и месячная потребность хозяйства в топливе; $V_{ац.опт}$ — оптимальное количество топлива в автоцистерне; $N_{ц.опт}$ — оптимальная частота перевозки топлива в цистерне, $t_{ц.\ опт}$ — оптимальная периодичность доставки топлива цистерной

Расчетное исследование процесса заправки целесообразно начать с оценки годового количества газомоторного топлива ($V_н$), которое потребуется для выполнения планируемого объема работ. Для определения объема баллонов ($V$), необходимых для транспортировки данного объема газа, использованы известные законы рассматриваемых физических процессов. Изохорный процесс, осуществляемый с данной массой газа при постоянном объеме баллонов $V$, зависит от температуры газомоторного топлива. На рис. 6 представлены характеристики этого процесса в температурном диапазоне от –10 до 20 °С (с шагом 10 °С). Для определения количества требуемых заправок ($n_i$) необходимо общий объем баллонов $V$ разделить на объем газа, вмещающийся в баллоны при одной заправке.

Требуемое количество заправочных станций для автотранспорта и сельскохозяйственной техники определялось по базовой суточной пропускной способности АГНКС. При этом использовано соотношение [11, 12]:

$$n_i = \frac{Q_r\left(l + t_{пр} m \beta_n \upsilon_т\right) k_н}{T_н n_{см} q \beta_г \upsilon_т k_и}, \qquad (1)$$

где $Q_r$ — годовой объем работ (расход дизельного топлива, тонна); $l$ — расстояние до заправки, км; $t_{пр}$ — время простоя перед выполнением одной заправки, ч; $m$ — число поездок на заправку, выполняемых за день ($m$ = 2); $\beta_n$ — коэффициент использования пробега ($\beta_n$ = 0,5); $\upsilon_т$ — средняя скорость транспортного средства при его движении на заправку, км/ч; $k_н$ — коэффициент незавершенности перевозок, ($k_н$ = 1,1); $T_н$ — время, затраченное на доставку топлива, ч; $n_{см}$ — число смен; $q$ — объем груза, перевозимого за смену, тонна; $\beta_г$ — коэффициент использования грузоподъемности; $k_и$ — коэффициент использования скорости ($k_и$ = 0,8). Эта формула справедлива для случая заправки автотранспорта нефтяным дизельным топливом. При определении параметров процесса заправки сельскохозяйственной техники газомоторным топливом учитывалось, что 1 кг дизельного топлива эквивалентен 1 м$^3$ газообразного топлива. При переходе от грузового транспорта к сельскохозяйственной технике значение грузоподъемности автомобиля заменено на тяговое усилие, характерное для данного трактора. При этом коэффициент использования грузоподъемности преобразуется в коэффициент использования тягового усилия. С учетом формулы (1) и указанных

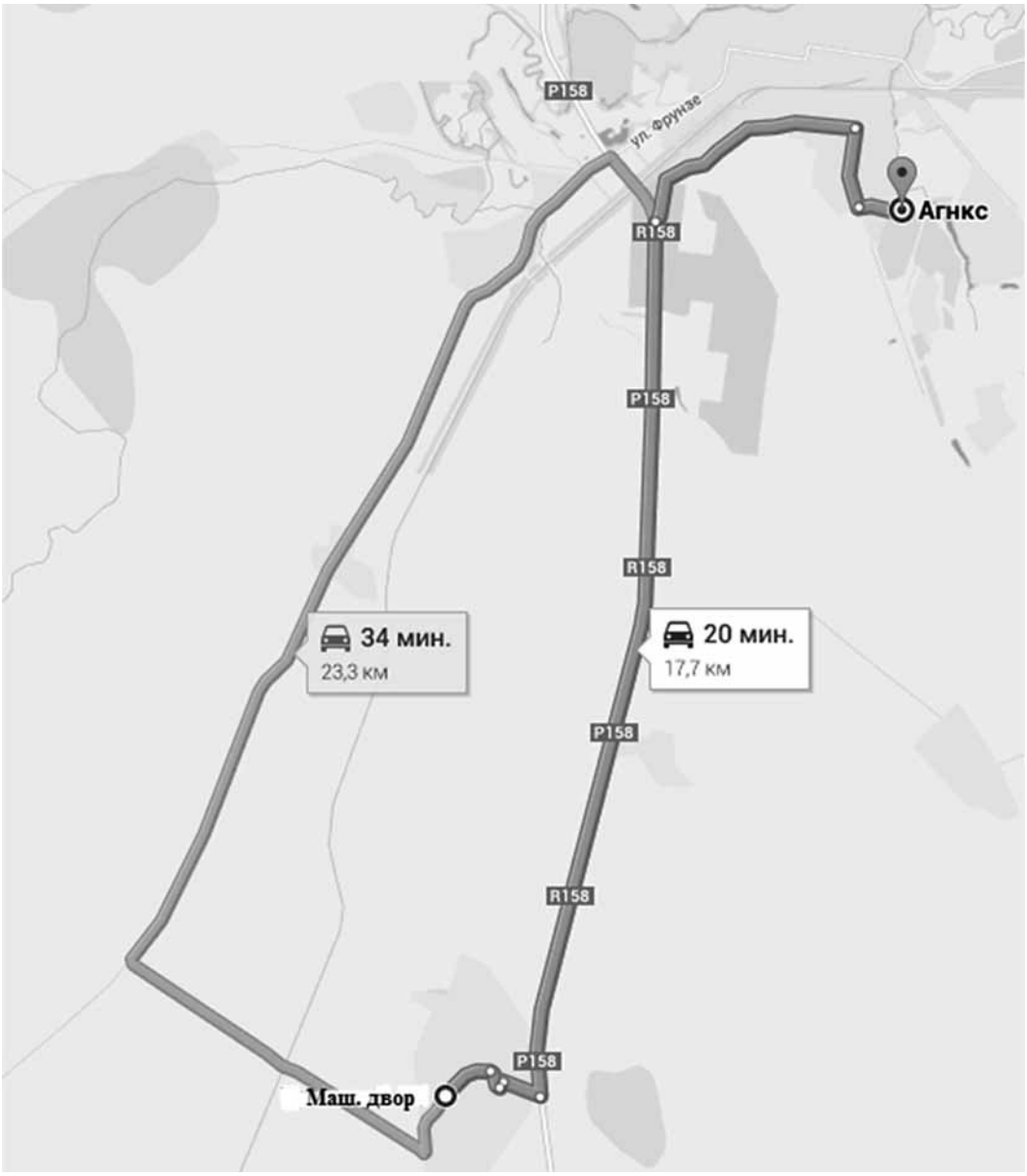



**Рис. 3. Схема расположения сельхозпроизводителя и АГНКС (указано расстояние между газонаполнительной станцией с КПГ, расположенной в городе Петровске Саратовской области, и сельскохозяйственным предприятием, и время доставки топлива)**

**Рис. 4. Передвижной автогазозаправщик пассивного типа**

**Рис. 5. Активный (с компрессором) передвижной автогазозаправщик модели 1200К**

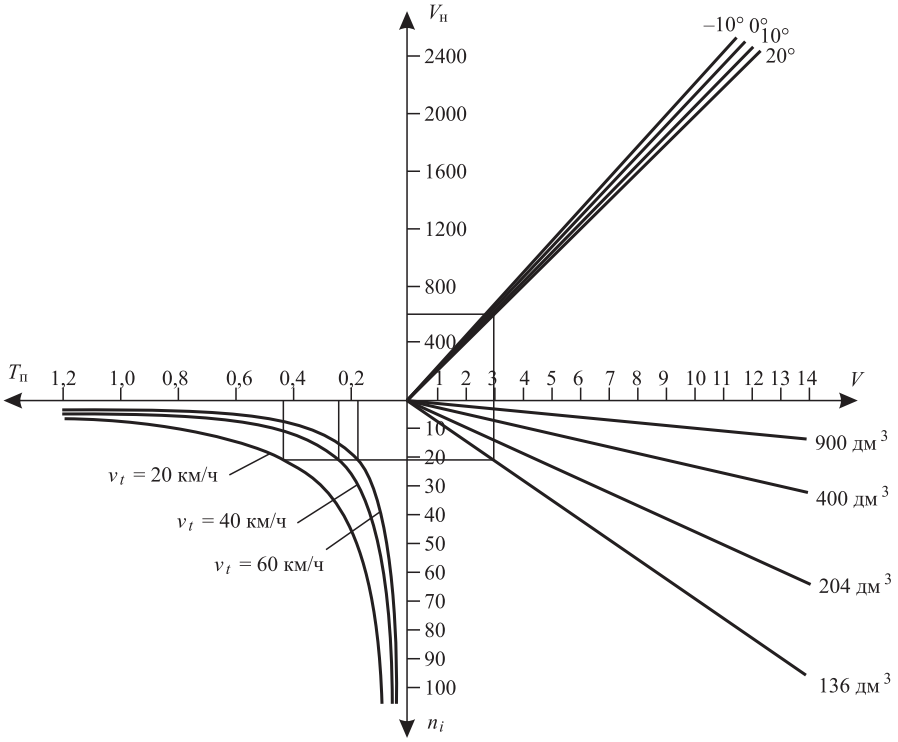



**Рис. 6. Номограмма для определения эффективного времени заправки газообразным топливом**

преобразований, время $T_n$, необходимое для заправки сельскохозяйственной техники газомоторным топливом (т. е. время движения транспортного средства к АГНКС и время заправки), можно определить с использованием выражения

$$T_n = \frac{Q_r\left(l + t_{пр} m \beta_n v_т\right) k_н}{n_i n_{см} q \beta_г v_т k_и}. \qquad (2)$$

При анализе данного выражения и номограммы на рис. 6, построенной по этой зависимости, можно сделать вывод, что при определении эффективного времени, отводимого на заправку сельскохозяйственной техники, получаем предельное значение данного времени. Если фактическое время заправки сельскохозяйственной техники газообразным топливом (определенное хронометрированием) окажется больше эффективного времени (по номограмме), то данный процесс заправки необходимо признать неэффективным. Повысить эффективность заправки можно путем увеличения объема заправляемого топлива за одну поездку, а также при увеличении количества смен.

Также была разработана технология заправки сельскохозяйственной техники с помощью сменных кассетных модулей (КМ), при которой доставка газомоторного топлива, содержащегося в этих модулях, осуществляется специализированным транспортом [13, 14]. На рис. 7 представлен эскиз такого модуля, на рис. 8 — схема расположения элементов крепления КМ на тракторе МТЗ-82.1, а на рис. 9 — общий вид компоновки основных элементов системы питания газомоторным топливом на тракторе МТЗ-82.1, оснащенным КМ. После установки этих сменных кассетных модулей на сельскохозяйственную технику они обеспечивают питание двигателя газообразным топливом.

Эта технология была опробована на тракторе МТЗ-82.1, оснащенном оборудованием для работы тракторного дизеля типа Д-243 производства Минского моторного завода по газодизельному циклу. Данное оборудование представляет собой систему распределенной подачи газообразного топлива двигателя, которая разработана совместно с ООО "ППП Дизельавтоматика", схема которой представлена на рис. 10 [13, 14]. Она оснащена уникальными газовоздушными смесителями, которые позволяют подавать газообразное топливо непосредственно под тарелку впускного клапана дизеля. Данные газовоздушные смесители выполнены в виде проставки между корпусом двигателя

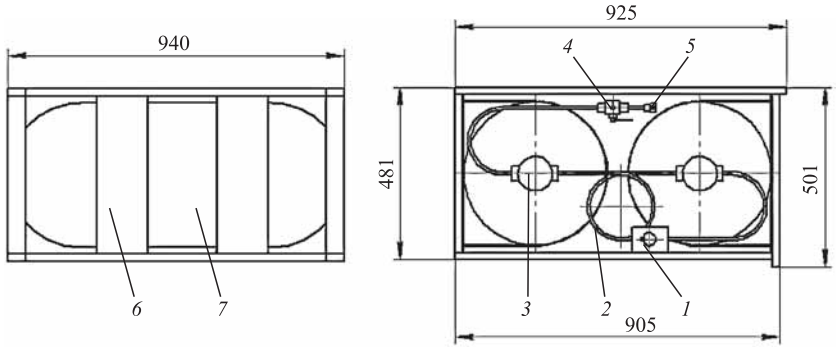



**Рис. 7. Эскиз кассетного модуля:**

*1* — заправочное устройство; *2* — трубопроводы высокого давления; *3* — баллонные вентили; *4* — кран шаровой, запирающий кассетный модуль, *5* — рукав высокого давления с быстроразъемным соединением, *6* — рама кассетного модуля с ложементами, *7* — газовые баллоны

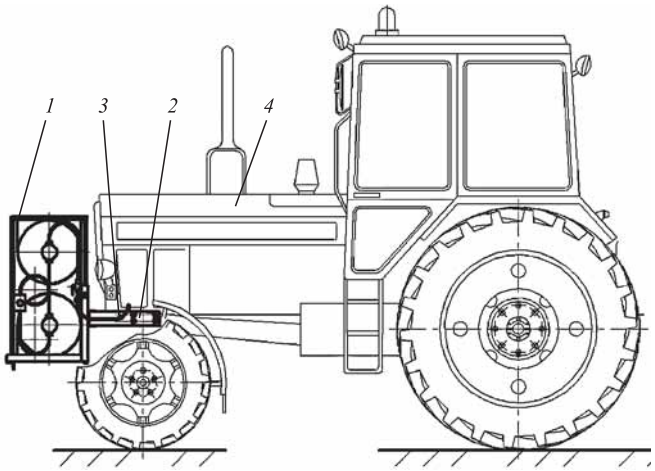



**Рис. 8. Схема расположения элементов крепления кассетного модуля на тракторе МТЗ-82.1:**

*1* — кассетный модуль; *2* — подрамник установочный; *3* — рукав высокого давления; *4* — трактор

**Рис. 9. Общий вид компоновки основных элементов системы питания газомоторным топливом на тракторе МТЗ-82.1, оснащенном кассетным модулем**

и впускным коллектором и совмещены с газовыми электромагнитными клапанами (рис. 11).

В результате постановки в выражение (2) значений тягового усилия трактора МТЗ-82.1 ($q$ = 1,4 т), расстояния до АГНКС $l$ = 17,7 км (на примере конкретного предприятия СПК им. Чапаева, на базе которого и производился эксперимент, см. рис. 3), числа смен ($n_{см}$ = 1), времени простоя перед выполнением одной заправки $t_{пр}$ = 0,1 ч (данное время взято из наблюдений при заправке серийной техники) и средней скорости передвижения до заправки грузового автомобиля ПАГЗа — 40 км/ч; легкового автомобиля — 60 км/ч; трактора — 20 км/ч, получены результаты расчета доставки газомоторного топлива и представлены в табл. 1 и на рис. 6. Так, на примере данной номограммы (см. рис. 6) приведен пример определения эффективного времени, отводимого на заправку сельскохозяйственной техники газомоторным топливом в зависимости от годового объема работ, равного 800 м$^3$ газомоторного топлива в год. Для подтверждения теоретических расчетов были про-

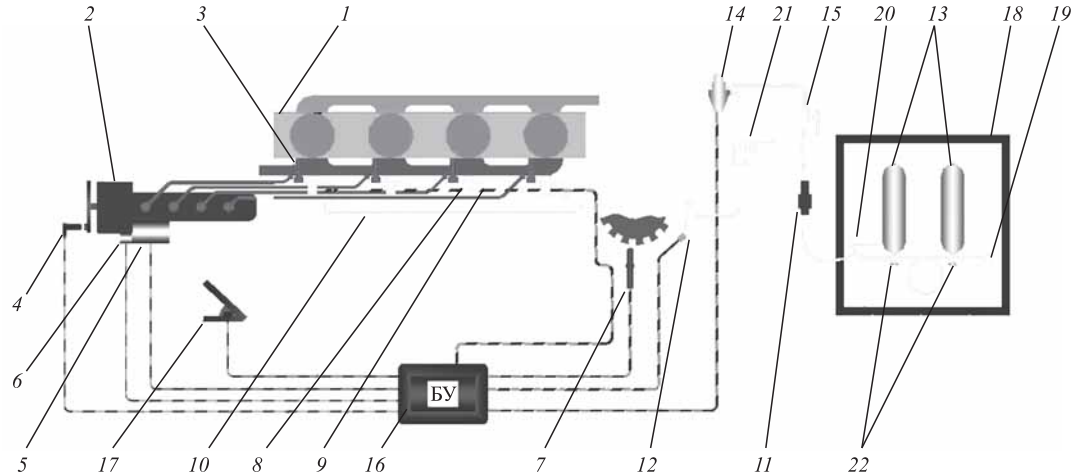



**Рис. 10. Система распределенной подачи газообразного топлива двигателя Д-243:**

*1* — двигатель; *2* — топливный насос высокого давления (ТНВД); *3* — дизельные форсунки; *4* — датчик фазовой отметки; *5* — электронно-регулирующее устройство; *6* — датчик рейки ТНВД; *7* — датчик частоты вращения коленчатого вала; *8* — устройства эжекционной подачи газообразного топлива в двигатель; *9* — газовые рукава; *10* — газовый коллектор; *11* — рукав высокого давления с быстроразъемным соединением; *12* — датчик давления газа; *13* — газовые баллоны; *14* — газовый редуктор высокого давления; *15* — кран шаровой, запирающий систему; *16* — электронный блок управления; *17* — педальный задатчик; *18* — рама кассетного модуля; *19* — заправочное устройство; *20* — кран шаровой, запирающий кассетный модуль; *21* — узел сброса давления; *22* — баллонные вентили

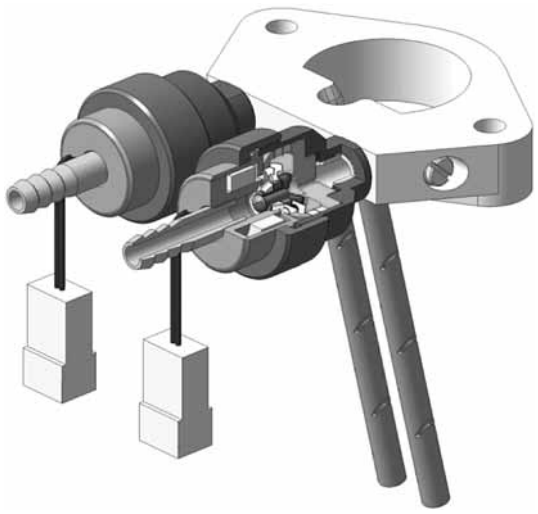


**Рис. 11. Электронные газовые клапаны и газовый смеситель для тракторного дизеля Д-243**

ведены экспериментальные исследования, представленные в табл. 2 на рис. 12.

Для подтверждения эффективности использования кассетных модулей при заправке сельскохозяйственной техники газообразным топливом необходимо произвести анализ технико-экономических показателей этого вида заправки в сравнении с другими способами заправки. Для определения затрат по доставке газообразного топлива была использована формула

$$C_ц = \frac{З_{пер}}{V_{газ}}, \quad (3)$$

Таблица 1

**Результаты расчета времени, необходимого для заправки газомоторным топливом сельскохозяйственной техники**

| Объем газообразного топлива на один трактор, м$^3$/год | Средняя скорость доставки топлива, км/ч | | |
|---|---|---|---|
| | 20 | 40 | 60 |
| 200 | 9,003 | 4,911 | 3,547 |
| 400 | 2,051 | 1,428 | 0,957 |
| 600 | 1,206 | 0,658 | 0,475 |
| 800 | 0,603 | 0,329 | 0,238 |
| 1000 | 0,402 | 0,219 | 0,158 |
| 1200 | 0,302 | 0,165 | 0,119 |
| 1400 | 0,241 | 0,132 | 0,095 |
| 1600 | 0,201 | 0,110 | 0,079 |
| 1800 | 0,172 | 0,094 | 0,068 |
| 2000 | 0,151 | 0,082 | 0,059 |
| 2200 | 0,134 | 0,073 | 0,053 |
| 2400 | 0,121 | 0,066 | 0,048 |

где $C_ц$ — себестоимость затрат по доставке газообразного топлива, руб/м$^3$, $З_{пер}$ — затраты на перевозку топлива, руб; $V_{газ}$ — объем перевозимого топлива, м$^3$. Полученные расчетные данные представлены в табл. 3 и на рис. 13.

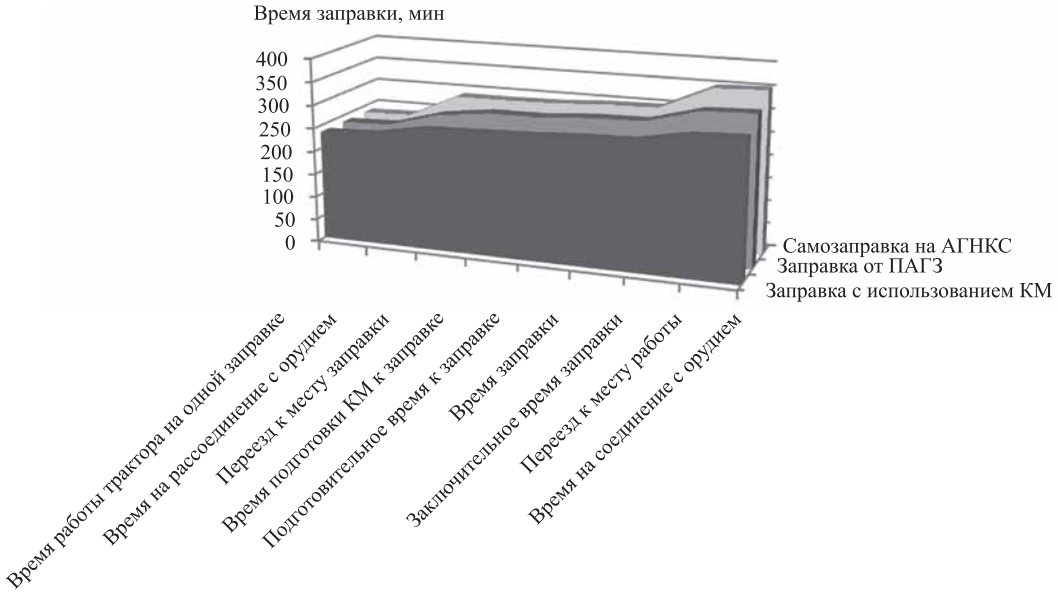



**Рис. 12. Время, затраченное на заправку газобаллонного трактора МТЗ-82.1 тремя различными способами**

Таблица 2

**Результаты экспериментальных исследований заправки трактора МТЗ-82.1**

| Параметры | Самозаправка на АГНКС | Заправка от ПАГЗ | Заправка с использованием кассетных модулей |
|---|---|---|---|
| Время работы трактора на одной заправке[1], мин | 236 | 236 | 236 |
| Время на рассоединения трактора с сельскохозяйственным орудием[2], мин | 3 | 3 | 3[10] |
| Переезд трактора (ПАГЗа) к месту заправки[3], мин | 50 | 50[11] | 20[12] |
| Время подготовки КМ к заправке[4], мин | 0 | 0 | 3[13] |
| Подготовительное время к заправке[5], мин | 2 | 2[14] | 3[15] |
| Время заправки[6], мин | 6 | 6 | 6 |
| Заключительное время к заправке[7], мин | 2 | 2 | 3[15] |
| Переезд трактора к месту работы[8], мин | 50 | 10 | 20[12] |
| Время на соединение трактора с сельскохозяйственным орудием[9], мин | 4 | 4 | 4 |
| Затрачено времени на заправку, мин/час | 117/1,95 | 90/1,5 | 62/1 |
| Всего затраченного времени, мин/час | 353/5,9 | 326/5,4 | 298/4,9 |

[1] время работы трактора на одной заправке газообразным топливом;
[2] это время включает время на изъятие шкворня из сцепки и на рассоединение гидравлических систем трактора и сельхозорудия;
[3] данный показатель учитывает время переезда трактора к АГНКС, к ПАГЗу, переезд ПАГЗа к месту заправки и перевоз кассетного модуля к АГНКС;
[4] время затрачено на снятие кассетного модуля с трактора;
[5] время на выполнение работ (открытие заправочного устройства, ввод заправочной иглы и т.д.), направленных на подготовку к заправке;
[6] фиксировалось время от нажатия оператором кнопки "заправка" до нажатия кнопки "останов";
[7] время на выполнение работ (закрытие заправочного устройства, удаление заправочной иглы, сброс газа на "свечу" и т.д.) направленных на подготовку к завершению заправки;
[8] этот показатель учитывает время переезда трактора от АГНКС, ПАГЗа к месту работы;
[9] это время включает время на установку шкворня и соединение гидравлических систем трактора и сельхозорудия;
[10] при использовании передвижного манипулятора данный показатель может быть равным 0, так как снятие кассетного модуля с трактора может производится в поле без рассоединения с сельхозорудием;
[11] в данном случае учитывается два времени, первое – на переезд ПАГЗа к месту заправки, а так как ПАГЗы не приспособлены к передвижению на грунтовых дорогах, то учитывалось и второе время – время переезда трактора от места работы к месту заправки;
[12] в данном случае учитывается два времени, первое это переезд трактора к месту выгрузки кассетного модуля и второе время перевоза кассетного модуля к месту заправки;
[13] учитывалось время выгрузки кассетного модуля;
[14] в данном случае учитывается два времени, первое – на подготовку трактора к заправке и второе – на подготовку ПАГЗа к заправке;
[15] учитывалось время обслуживания средства доставки кассетного модуля.

Абсолютные экономические показатели по специализированной технике, единичным образцам комбинированной и универсальной техники на отдельных технологических операциях определены в расчете на единицу наработки в соответствии с ГОСТ Р 53056—2008 "Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки". Для получения результатов экономической оценки тракторов, оснащенных газобаллонным оборудованием, а также их сравнительной экономической оценки в сравнении с базовыми моделями тракторов расчет следует вести по абсолютным экономическим показателям при выполнении конкретных сельскохозяйственных операций. Результаты расчета годовой экономии совокупных затрат сведены в табл. 3.

Таким образом, проведенные исследования показали, что разработанная технология заправки сельскохозяйственной техники, основанная на примене-

Таблица 3

**Годовая экономия совокупных затрат денежных средств от эксплуатации новой техники**

| Показатель | Само-заправка | Заправка ПАГЗ | Заправка кассетных модулей |
|---|---|---|---|
| Стоимость газообразного топлива, руб./м$^3$ | 11,5 | 11,5 | 11,5 |
| Стоимость доставки, руб./м$^3$ | 16,62 | 0,04 | 0,03 |

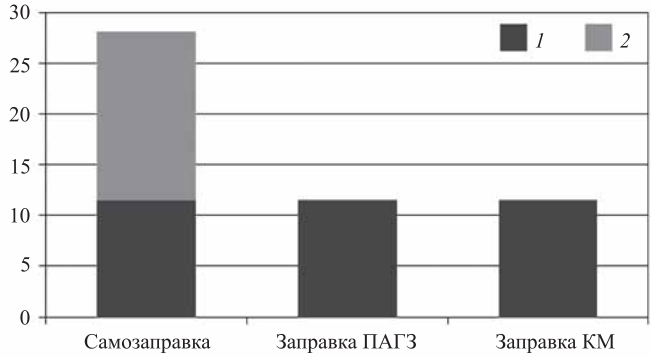



**Рис. 13. Затраты на покупку 1 м$^3$ газомоторного топлива *1* и его доставку *2* при различных способах заправки трактора МТЗ-82.1**

нии сменных кассетных модулей, и использование системы распределенной подачи газообразного топлива, позволяет сократить время заправки трактора более чем на 30 % по сравнению с традиционными видами его заправки газообразным топливом.

## 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. **Вальехо Мальдонадо П. Р.** Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика: Учебное пособие для вузов. — М.: Изд-во РУДН, 2008. — 204 с.
3. **Льотко В., Луканин В. Н., Хачиян А. С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. — М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. — 311 с.
4. **Машиностроение. Энциклопедия. Том IV.** Двигатели внутреннего сгорания / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, Н. А. Иващенко. — М.: Машиностроение, 2013. — 784 с.
5. **Гайворонский А. И., Марков В. А., Илатовский Ю. В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. — М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. — 480 с.
6. **Марков В. А.** Проблемы использования природного газа в качестве моторного топлива для городского автотранспорта // Грузовик. 2015. № 4. С. 6—12.
7. **Марков В. А., Бебенин Е. В., Поздняков Е. Ф.** Сравнительная оценка альтернативных топлив для дизельных двигателей // Транспорт на альтернативном топливе. — 2013. — № 5. — С. 24—29.
8. **Патрахальцев Н. Н.** Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив. — М.: РУДН, 2008. — 267 с.
9. **Аллилуев В. А., Ананьин А. Д., Михлин В. М.** Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка. — М.: Агропромиздат, 1991. — 367 с.
10. **Диагностика и техническое обслуживание машин** / А. Д. Ананьин, В. М. Михлин, И. И. Габитов и др. — М.: Academia, 2008. — 432 с.
11. **Математическое моделирование** системы заправки сельскохозяйственных машин топливом / Ю. Н. Пирогов, В. П. Коваленко, Е. В. Новиков, О. В. Ерохин, А. В. Ерохин // Международный технико-экономический журнал. — 2011. — № 1. — С. 100—105.
12. **Пути решения проблем процессов заправки** сельскохозяйственной техники в полевых условиях при выполнении различных операций / В. П. Коваленко, Ю. Н. Пирогов, Е. В. Новиков, А. В. Ерохин, О. В. Ерохин // Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. — Магадан, СВГУ, 2010. — С. 181—185.
13. **Бебенин Е. В., Захаров В. П., Ченцов Н. А.** Экономическое обоснование комплекса средств по повышению эффективности использования газомоторного топлива // Новости науки Казахстана. — 2014. — № 4. — С. 12—16.
14. **Марков В. А., Бебенин Е. В.** Использование природного газа в качестве моторного топлива для автотранспорта и сельскохозяйственных машин // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. — 2016. — № 5. — С. 3—10.

УДК 629.3.082 (075.32)

**Х. А. Фасхиев**, д-р техн. наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет, ФБГОУ ВПО "Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации"
E-mail: faskhiev@mail.ru

# ГРУЗОВЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ РОССИИ: СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ

*Произведен анализ состояния международных автомобильных перевозок России в сложившихся социально-экономических условиях, отмечена роль автомобильного транспорта в международных перевозках, определены проблемы и тенденции развития данного рынка транспортных услуг. Отмечено, что рост объема международных перевозок будет определяться тем, насколько российские предприятия успешно используют шанс девальвации рубля для наращивания экспорта своей продукции.*

***Ключевые слова:*** *автомобильный транспорт, международные автомобильные перевозки, груз, перевозчик, транспортная услуга.*

*The analysis of international road transport in Russia the prevailing socio-economic conditions, noted the role of road transport in international traffic, to identify problems and trends in the development of the market of transport services. Noting that the growth of international traffic will be determined by how Russian companies are successfully using the chance devaluation to increase its exports.*

***Keywords:*** *road transport, international road transport, cargo, carrier transport services.*

*(Рисунки на 2—4-й полосах обложки)*

## Введение

Курс на переориентацию российской экономики с экспорта минерально-сырьевых ресурсов к социально-ориентированной инновационной модели развития, интеграция всех сфер жизнедеятельности России в глобальное мироустройство, в том числе вступление в ВТО и развитие сотрудничества с государствами Азиатско-Тихоокеанского региона, полномасштабная реализация проектов замены импортных товаров отечественными, повышение мобильности населения, развитие городских агломераций и связанных с этим проблем — ставят перед транспортным комплексом страны новые задачи, требуют ясного определения приоритетов, целей и задач развития транспортного комплекса России. Транспорт стал ключевым фактором реализации конкурентных преимуществ разделения труда, формирования единого мирового рынка, глобализации и интеграции процессов производства и потребления. За последние три десятилетия наблюдается интенсивный рост товародвижения между государствами. Так, с 1980 г. по 2015 г. экспорт товаров вырос с $2 трлн до $22 трлн, т. е. ежегодно увеличивался в среднем на 7 %. Один из факторов бурного развития международного товародвижения — электронная торговля с использованием Интернет, объемы которой в 2014 г. достигли $1,67 трлн [1]. Все больше товаров экспортируются из развивающихся стран, прежде всего, из стран Юго-Восточной Азии. В мире сформировалась глобальная цепочка поставок. В 1980—2013 гг. контейнерооборот в мире вырос с 48 млн до 621 млн TEU, т. е. в 13 раз [2].

## Роль автомобильного транспорта в экономике

Несмотря на то, что в доставке международных грузов основными игроками являются морской (доля в общем объеме перевозок 62 %) и железнодорожный транспорт (16 %), в континентальных перевозках особая роль отводится автомобильному транспорту (8 %). Кроме того, практически ни одна смешанная перевозка не обходится без использования автотранспорта, так как он незаменим для завоза-вы-

воза грузов из морских, речных, воздушных портов и железнодорожных станций. Автотранспорт обладает низким входным инвестиционным порогом и большой мобильностью при организации транспортно-логистических цепочек, высоко востребован хозяйствующими субъектами различных отраслей экономики и различного масштаба бизнеса: как крупнейшими предприятиями, так и субъектами среднего и малого бизнеса. Автомобильному транспорту нет адекватной замены при перевозке мелкопартионных и тарно-штучных грузов на небольшие и средние расстояния (до 2000 км), а также при необходимости срочной доставки. Автомобильный транспорт имеет следующие явные преимущества перед другими видами магистрального транспорта:

— относительно высокая скорость доставки, благодаря меньшему времени простоя под погрузкой/разгрузкой;

— бесперегрузочная доставка грузов от "дверей до дверей";

— маневренность — возможность находиться автомобилю там, где он требуется; груз может быть доставлен непосредственно в пункт назначения, до получателя;

— высокая степень сохранности перевозимых грузов; по сравнению с перевозкой другими видами транспорта потери, пропажи и загрязнение груза значительно ниже;

— возможность бесперегрузочного транспортирования; груз загружается единожды у отправителя и разгружается у получателя;

— упаковка, защитная тара требуются в меньших объемах либо не требуются вообще, благодаря отсутствию перевалки грузов.

Автомобильный транспорт конкурентоспособен при перевозке широкой номенклатуры грузов на различные расстояния, особенно при необходимости срочной доставки грузов. Гибкость автотранспорта в отношении выбора альтернативного маршрута перевозки дает ему дополнительные конкурентные преимущества. Автотранспорт в международном сообщении особо эффективен для перевозки мелкопартионных малотоннажных, тарно-штучных грузов.

Благодаря указанным выше преимуществам, доля автомобильного транспорта в России в объемах грузоперевозок превышает 60 %, а в пассажирских перевозках — 68 % (табл. 1 и 2, рис. 1). С учетом пере-

Таблица 1

**Перевозки грузов в России по видам транспорта, млн т**

| Транспорт | 1992 | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Всего: | 15 737 | 7907 | 9167 | 7469 | 7749 | 8337 | 8519 | 8264 | 7982 |
| в том числе: | | | | | | | | | |
| железнодорожный | 1640 | 1047 | 1273 | 1109 | 1312 | 1382 | 1421 | 1381 | 1364 |
| автомобильный | 12 750 | 5878 | 6685 | 5240 | 5236 | 5663 | 5842 | 5635 | 5406 |
| трубопроводный | 947 | 829 | 1048 | 985 | 1061 | 1131 | 1096 | 1095 | 1077 |
| морской | 91 | 35 | 26 | 37 | 37 | 34 | 18 | 17 | 15 |
| внутренний водный | 308 | 117 | 134 | 97 | 102 | 126 | 141 | 135 | 119 |
| воздушный | 1,4 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,3 |

Таблица 2

**Перевозки пассажиров в России по видам транспорта, млн человек**

| Транспорт | 1992 | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Всего | 47 885 | 44 854 | 30 128 | 22 852 | 22 045 | 21 891 | 21 347 | 19 625 | 19 526 |
| в том числе: | | | | | | | | | |
| железнодорожный | 2372 | 1419 | 1339 | 1137 | 947 | 993 | 1059 | 1080 | 1070 |
| автобусный | 24 874 | 23 001 | 16 374 | 13 704 | 13 434 | 13 305 | 12 766 | 11 587 | 11 551 |
| такси | 266 | 16 | 6 | 7 | 8 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| трамвайный | 8071 | 7421 | 4123 | 2217 | 2079 | 2004 | 1928 | 1629 | 1551 |
| троллейбусный | 8619 | 8759 | 4653 | 2414 | 2206 | 2152 | 2051 | 1735 | 1803 |
| метрополитены | 3567 | 4186 | 3574 | 3307 | 3294 | 3351 | 3446 | 3491 | 3437 |
| морской | 9 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 0,5 | 1,9 |
| внутренний водный | 44 | 28 | 21 | 17 | 16 | 14 | 14 | 13 | 13 |
| воздушный | 63 | 23 | 37 | 47 | 59 | 66 | 76 | 86 | 95 |

возок преимущественно на небольшие расстояния показатели оборота автотранспорта скромнее — 5 % грузооборота всех видов транспорта и 23 % пассажирооборота, в том числе 30 % пассажирооборота во внутригородском и пригородном сообщениях. Автомобильный транспорт является заметным потребителем трудовых ресурсов — количество работников, занятых в нем, превышает 6 млн чел. Автомобильный транспорт является крупным потребителем материальных ресурсов. Он основной потребитель продукции отечественной автомобильной промышленности, доля которой в ВВП оценивается на уровне 1—2 %, он потребляет ежегодно до 65 млн т жидкого автомобильного топлива на сумму, оцениваемую в 2,5 трлн руб. Протяженность автодорог общего пользования в России превышает 1,3 млн км и занимает по данному показателю восьмое место в мире. Правда, по плотности дорог Россия пока в группе аутсайдеров — всего 54 км/1000 км$^2$. Например, у лидера в мире по данному показателю — Японии — она равна 3168 км/1000 км$^2$.

### Состояние МАП России

Автомобильный транспорт России является также основным видом транспорта в международных грузовых перевозках, обеспечивая четверть объема перевозок внешнеторговых грузов, а по импорту из стран ЕС — более 60 %. В общем объеме экспорта транспортных услуг доля автотранспорта составляет 11 % (рис. 2). По стоимости перевозимых внешнеторговых грузов доля автотранспорта составляет 30 %. Россия заключила с 45 странами двусторонние соглашения по международным автомобильным перевозкам (МАП).

Международные автомобильные перевозки вносят ежегодно в бюджет страны около 8 млрд руб. Емкость российских МАП оценивается экспертами более чем в 7 млрд долл. в год, из них в последние годы — лишь 3,2 млрд долл. приходится на долю отечественных перевозчиков. Глубокая интеграция автотранспорта в международные логистические цепочки поставок существенно повышает его привлекательность для субъектов малого и среднего бизнеса, которые заинтересованы в мелкопартионных отправках внешнеторговой продукции.

На этом рынке активно функционируют более 7,5 тыс. российских автотранспортных предприятий, владеющих общим парком подвижного состава свыше 53 тыс. грузовых автомобилей, число работников на этих предприятиях превышает 200 тыс. чел. Более 65 % перевозчиков являются членами Ассоциации международных автомобильных перевозчиков (АСМАП), которые обеспечивают около 85 % объема российских автомобильных сообщений. Большинство участников МАП — предприятия малого и среднего бизнеса, 50 % из которых имеют в парке не более десяти автомобилей. Опросы ВЦИОМ показывают, что число работников у 84 % участников МАП менее 50 чел., лишь у 2 % — более 500 чел. [4]. Компании, осуществляющие МАП, в основном сосредоточены в Северо-Западном (52 % общего числа), Центральном (26 %) и Приволжском (10 %) федеральных округах. Состав участников рынка МАП в основном уже сформировался: 36 % компаний работает на этом рынке уже более 10 лет, 26 % — 6—10 лет и 25 % — 3—5 лет.

Относительное постоянство участников МАП обусловливается сложностью организации и управления международными перевозками, высокими требованиями, предъявляемыми к участникам рынка, особым порядком допуска перевозчиков к МАП и системе перевозок грузов в соответствии с Таможенной конвенцией о международной перевозке с применением книжки МДП. В настоящее время МАП регламентируется и регулируется более чем 20 международными конвенциями, более 40 правительственных и неправительственных организаций занимаются вопросами управления, урегулирования различных аспектов автотранспорта. Для российских перевозчиков всегда было проблемой приобретение подвижного состава, соответствующего жестким требованиям стран ЕС по экологичности и безопасности. Российский автопром не поспевает за международными требованиями к автотранспортным средствам, и российские перевозчики вынуждены покупать импортные тягачи мировых автомобильных концернов, что сразу ставит их в неравное положение с зарубежными конкурентами по причине удорожания подвижного состава. Доля транспортных средств, соответствующих по вредным выбросам в отработавших газах нормам Евро 4 и 5, в парке отечественных перевозчиков меньше 50 %. Требования Евро 5 в странах ЕС действуют уже с 2012 г., тогда как в России они все еще не внедрены. У 52 % опрошенных участников МАП в парке не было автомобилей, соответствующих требованиям Евро 5.

Объем перевозок в МАП России (рис. 3) с начала экономических реформ интенсивно рос вплоть до 2008 г. и стабилизировался на уровне 34 млн т. В последние три года в связи с кризисными явлениями в экономике и обострением политических отноше-

ний России со странами ЕС наблюдается устойчивая тенденция снижения объемов МАП. Так, в 2015 г. объем перевозок снизился до 29,6 млн т, т. е. вернулся к уровню 2004 г.

Негативные тенденции в сегменте международных грузоперевозок, начавшиеся в 2012 г., продолжаются по настоящее время. По данным Федеральной таможенной службы в 2013 г. по сравнению с аналогичным периодом 2012 г. сократился экспорт целого ряда важнейших товаров. Так, поставки черных металлов на внешние рынки упали на 8,8 %, целлюлозы — на 9,5 %, железной руды и концентратов — на 3,7 %. Экспорт сырой нефти сократился на 2,5 %, удобрений — на 6 %. Одновременно наблюдался рост объемов вывоза из страны угля и нефтепродуктов [5], но эти грузы не перевозят автотранспортом.

Для российского автотранспорта наиболее привлекательны рынки стран Западной Европы, входящие в ЕС. Доля автотранспорта в импорте продовольствия из ЕС превышает 54 % (4 млн т в 2013 г.). Девальвация рубля, экономические санкции против России в 2014—2015 гг. привели к существенному падению объемов внешней торговли (особенно импорта) из стран Евросоюза (рис. 4), сокращению рынка автомобильного транспорта. Импорт из стран дальнего зарубежья в 2014 г. снизился на 4,9 %, а внешнеторговый оборот со странами СНГ — почти на 40 %. Больше всего это коснулось северо-западного сегмента рынка, который ориентировался на международные перевозки. Например, поток контейнерных грузов, идущих из портов Финляндии, по данным Росстата сократился на 40 %. Как следствие, объем международных автомобильных перевозок в 2014 г. сократился на 8 %, в том числе по импорту — на 12,5 %. Высокая инфляция и повышение стоимости кредитов подстегнули рост эксплуатационных расходов. К тому же клиенты в массовом порядке стали требовать отсрочек по оплате перевозок. Все это резко ухудшило финансовое положение отечественных автотранспортных компаний. Ряд мелких фирм ушли с рынка, часть переключилась на внутренние перевозки. Почти на 5 % сократился парк международных автоперевозчиков.

Несмотря на то, что экспорт России в 2015 г. упал на 34,5 %, российским транспортникам удалось увеличить объемы перевозок экспортных грузов на 16 % (рис. 5), было приобретено около 2 тыс. новых тягачей для МАП. Российские перевозчики достигли прироста объемов перевозок в Австрию, Турцию, Латвию, Эстонию, Венгрию и Словакию, произошел рост экспорта в Италию в 1,5 раза [1].

Автомобильный транспорт как барометр чувствителен на любые изменения экономики как внутри страны, так и внешних связей. Так, за январь—февраль 2016 г. внешнеторговый оборот России уменьшился на 29,5 %. В результате по итогам первого квартала у российских автоперевозчиков остались невостребованными 6639 разрешений различных видов на въезд.

Объемы перевозок в МАП зависят, прежде всего, от активности российских предприятий во внешнеторговом обороте. Автотранспортом из России экспортируют в основном сырье и полуфабрикаты — деловая древесина, пиломатериалы, продукция целлюлозно-бумажной, пищевой, легкой, химической промышленности, металлопрокат и металлоконструкции и т.д. Так, в 2013 г. в экспортных автоперевозках в стоимостном выражении наибольшая доля приходилась на металлоизделия и драгоценные камни (40 %), далее — продукция химической промышленности — 22 % (рис. 6). Причем экспортные грузы в общем объеме МАП сокращаются и не превышают 30 % (в 2012 г. — 28 %, в 2000 г. — 39,7 %), что приводит неэффективному использованию подвижного состава. В 2013 г., например, российские перевозчики выполнили 1,4 млн рейсов, из них 850 тыс. рейсов производились с загрузкой, т. е. коэффициент использования пробега составил всего 61 %. При этом загрузка одного автопоезда равнялась в среднем 15,7 т [3]. Нехватка экспортных грузов — одна из основных проблем российских перевозчиков. Например, в Калининградской области экспортные грузы составляют в перевозках всего 9 % и наблюдается их снижение на одну треть ежегодно.

Структура экспортных грузов России в торговле со странами ЕС несущественно отличается от общей структуры (рис. 7).

Что касается импортных товаров, то здесь на первом месте машины и оборудование — 53 %, на втором — продукция химической промышленности — 16 % [1]. Доля импортных товаров в общем объеме перевозок автотранспортом превышает 70 %, что дает конкурентное преимущество иностранным перевозчикам в оказании транспортных услуг.

Российскими автоперевозчиками совершаются регулярные рейсы в более чем 40 стран. Преобладающую часть российского рынка международных автоперевозок формируют перевозки с четырьмя группами стран (рис. 8).

**Китай и Монголия.** В этой группе российские перевозчики занимают доминирующую долю (рис. 9).

**Страны Западной Европы, входящие в ЕС.** Перевозки с государствами из этой группы до последнего времени являлись наиболее привлекательными для российского транспорта. После многолетних усилий отечественные перевозчики смогли добиться здесь лидирующих позиций (64 % в 2013 г.).

**Страны Восточной Европы, присоединившиеся к ЕС после 2004 г.** Преобладают свои перевозчики этих стран (58 % в 2013 г.). При этом польские, литовские, латвийские и эстонские перевозчики являются основными конкурентами российским.

**Страны СНГ.** Здесь российская доля незначительна. Почти все объемы выполняют коллеги из союзных государств. Но потенциал российских перевозчиков постепенно наращивается: начиная с 2007 г., объемы перевозок возросли более чем в 2 раза. Правда, доля российских перевозчиков не превышает 30 % [3].

Кроме этих групп, благодаря усилиям перевозчиков Республики Дагестан удалось достигнуть 77 % доли на иранском рынке. За прошедшие годы увеличилась также доля российских перевозчиков и на турецком рынке — 18 %. Весьма перспективным могло бы стать направление Западный Китай — Россия — Западная Европа. Однако запрет китайской стороны на въезд на территорию КНР со стороны Казахстана сдерживает рост объемов перевозок в данном направлении.

Большим резервом для отечественных перевозчиков является недоиспользованный экспортный потенциал России. Пока доля наших компаний в экспортных отправках очень низка, что связано с сырьевой направленностью нашего экспорта. Причем доля минеральных ресурсов в экспорте превышает 70 %, а эти грузы автомобильным транспортом перевозятся в небольших объемах.

Основными направлениями МАП России в течение последнего десятилетия являются Финляндия, Польша, Литва, Украина, Германия, Латвия, Китай, Италия и Нидерланды (рис. 10). Лидерство Финляндии в перевозках связано с тем, что грузовой поток (продукты питания, мебель, автомобили, бытовая техника) из Европы и Азии в Россию поступает через финские порты. Наблюдается тенденция доставки грузов из стран Западной Европы с использованием терминальных комплексов Польши, Литвы, Латвии, Эстонии перегрузкой грузов/перецепкой полуприцепов. Так, в 2012 г. 46 % грузов из вышеназванных стран поступили в Россию после переоформления и хранения их в терминальных комплексах этих стран [6]. По этой причине удельный вес перевозчиков Польши и стран Прибалтики на рынке МАП России стабильно растет в течение последнего десятилетия. В этих перевозках используются типовые двусторонние разрешения. Тем самым происходит сокращение паритетных перевозок между грузообразующими странами.

Вследствие принятых странами ЕС санкций 2014—2015 гг. наблюдается снижение внешнеторгового оборота России с Германией, Финляндией, Нидерландами, Бельгией, Швецией. Произошло сокращение объемов в торговле со странами СНГ и Таможенного союза. В результате перевозки импортных грузов в целом в 2015 г. упали на 6 % (см. рис. 4). Российским транспортным компаниям удалось существенно увеличить объемы перевозок в сообщении с Ираном, Нидерландами, Финляндией, Польшей, Литвой, Латвией, Францией и Болгарией. Так, перевозки грузов из России в Нидерланды за 2015 г. увеличились на 1307 тыс. т (рис. 11). Наблюдается снижение внешнеторгового оборота России с Германией и Австрией. Значительно снизился объем перевозок в Бельгию и Венгрию, на 57 и 81 % соответственно.

На сегодняшний день количество предложений перевозчиков на выполнение транспортных услуг явно превышает спрос на них, идет жесткая конкуренция российских перевозчиков с перевозчиками третьих стран. В середине 90-х годов по причине нехватки подвижного состава, недостаточного внимания государства к регулированию МАП российские перевозчики практически отдали этот сегмент транспортных услуг на откуп иностранцам, доля которых в 1997 г. дошла до 73 %. Впоследствии неимоверными усилиями, прежде всего, со стороны АСМАП к 2010 г. удалось долю российских перевозчиков поднять до 40 %. Проблема эта до конца все еще не разрешена. Российским перевозчикам вполне по силам обеспечить 50 % объема перевозок в/из России.

Сегодня 12—13 % российского рынка МАП приходится на долю перевозчиков третьих стран. Основными нашими конкурентами являются перевозчики Белоруссии, Украины, Литвы, Латвии, Польши, Эстонии. В этих странах, благодаря созданным их правительствами благоприятным инвестиционным условиям, сформирован большой объем парка современного подвижного состава. Использование современной техники обеспечивает высокую оборачиваемость транспортных средств, существенную экономию топлива. В результате, наши основные конкуренты зарабатывают 10—12 тыс. евро в месяц, тогда как российские — лишь 7—8 тыс. Годовой пробег транспортного средства европейской компании составляет в среднем 140 тыс. км, тогда как у российских не превышает 100 тыс. км.

В целях защиты интересов российских перевозчиков по инициативе АСМАП в ноябре 2014 г. был принят Федеральный закон № 362 "О внесении изменений в Федеральный закон № 127 "О государственном контроле за осуществлением международных автомобильных перевозок и об ответственности за нарушение порядка их выполнения". Он направлен на ужесточение порядка применения разрешительных и

товаросопроводительных документов при перевозке грузов из третьих стран, а также на создание условий для усиления контроля за соблюдением иностранными перевозчиками разрешительной системы. Закон увеличивает размеры штрафов, налагаемых на иностранных водителей.

Закон оказался весьма эффективным средством наведения порядка на российском рынке МАП. Его введение вызвало недовольство со стороны иностранных перевозчиков. Польша в начале 2016 г. даже отказалась в обмене с разрешениями на въезд с Россией. Министерству транспорта России в ходе переговоров проблему удалось разрешить — в конце марта принято решение по обмену 170 тыс. разрешений с Польшей на 2016 г.

Ситуация в МАП в феврале 2016 г. обострилась с остановкой радикальными силами российских транспортных средств на территории Украины. Россия была вынуждена принять ответное решение. Это дало положительный результат — движение в МАП между Россией и Украиной было восстановлено.

ВЦИОМ в 2012 г., анализируя ситуацию в МАП, задал 600 участникам международных перевозок вопрос: "Как вы в целом оцениваете ситуацию в России в сфере МАП?", и получил следующие ответы, в %:

— ситуация очень плохая — 34;

— ситуация скорее плохая — 28;

— сложно однозначно оценить, есть положительные и отрицательные моменты — 31;

— ситуация скорее хорошая — 7;

— ситуация очень хорошая — 0.

Эти ответы получены в относительно благополучном для МАП 2012 г. Сейчас ситуация изменилась в худшую сторону [4].

Серьезным испытанием для российских автоперевозчиков в 2013 г. стало решение Федеральной таможенной службы о прекращении оформления перевозки автомобильных грузов по книжкам МДП. Система МДП работает на основе Таможенной конвенции ООН о международной перевозке грузов от 1975 г. Книжки МДП гарантируют уплату таможенных платежей и позволяют проходить пограничные процедуры в упрощенном режиме. В России книжки перевозчикам продает гарантийный орган системы в России — АСМАП.

ФТС России в сентябре 2013 г. ограничила действие книжек МДП и хотела расторгнуть соответствующее соглашение с АСМАП. ФТС России потребовала с перевозчиков дополнительных гарантий для грузов, перевозимых под прикрытием книжки МДП.

Причиной данному решению были названы 20,8 млрд руб. задолженности по уплате таможенных платежей за нарушение таможенного законодательства перевозчиками, являющимися членами АСМАП. С декабря 2013 г. ФТС применила в отношении перевозчиков, использующих МДП, ограничительные меры: без требования дополнительных гарантий они стали приниматься лишь в восьми из 107 международных пунктов пропуска.

Осложнение таможенных процедур в России негативно отразилось в МАП не только российских, но и иностранных перевозчиков. В феврале 2015 г. российский президент издал перечень поручений по обеспечению беспрепятственного действия международной конвенции МДП на территории России, позднее Евразийский межправительственный совет принял распоряжение с тем же самым смыслом: книжка МДП должна работать на территории всего ЕАЭС.

К сожалению, обе рекомендации не были полностью приняты к исполнению со стороны ФТС. ФТС в июне 2015 г. определила 34 пункта пропуска через российскую границу, где у перевозчиков в качестве обеспечения таможенного транзита могут вновь приниматься книжки МДП, т. е. книжка МДП по-прежнему не является достаточным основанием для осуществления транзитной перевозки через все автомобильные пограничные переходы России.

Приведенные выше факты показывают, что МАП — сложная услуга, зависящая от множества внутренних и внешних факторов. Все то, что направлено на увеличение затрат перевозчика и простоев подвижного состава однозначно снижает конкурентные позиции отечественных перевозчиков. А таких факторов, к сожалению, со временем не становится меньше. Среди основных проблем, снижающих конкурентоспособность российских участников МАП, можно выделить следующие факторы:

— длительные простои при прохождении российской границы;

— высокий уровень кредитных и лизинговых ставок;

— высокие налоговые платежи;

— недобросовестная конкуренция со стороны определенной части иностранных перевозчиков;

— сложность получения и нехватка разрешений по отдельным направлениям перевозки;

— отмена льгот на импорт транспортных средств;

— введение с 2012 г. утилизационного сбора на подвижной состав;

— чрезмерные административные меры со стороны ФТС;

— непрерывный рост стоимости топлива;

— введение дорожных сборов с транспортных средств, имеющих разрешенную массу свыше 12 т;

— перегруженность федеральных трасс и поборы на дороге;

— несоответствие дорожных условий международных автомагистралей РФ параметрам современных транспортно-технологических систем;

— недостаточное развитие российского рынка экспедиторских и логистических услуг.

По данным ВЦИОМ в сфере международных автоперевозок основными являются проблемы, связанные с потерей времени, — длительные простои при пересечении Государственной границы РФ (77 %) и при таможенном оформлении грузов (64 %) и проблемы, связанные с денежными затратами, — высокие налоговые платежи (71 %), высокие ставки лизинговых платежей (57 %), а также недобросовестная конкуренция среди иностранных перевозчиков (55 %) и российских перевозчиков (46 %) [4].

К внешним факторам, негативно влияющим на конкурентоспособность российских перевозчиков, можно отнести высокую налоговую нагрузку и неблагоприятные условия приобретения подвижного состава. В европейских странах кредитные ставки в 3—4 раза ниже, чем в России, следовательно, стоимость импортного подвижного состава в России намного выше. Средний срок физической службы автопоезда на международных перевозках составляет пять лет. После этого машина становится либо морально устаревшей, либо физически изношенной. Но возможность обновления подвижного состава при ставках по кредитам 20—30 % весьма призрачна. На данный момент 5-процентная рентабельность на международных перевозках считается неплохим результатом. При средней ставке в 65 тыс. рублей типичного рейса Котка — Москва прибыль составляет около 3 тыс. руб., которую можно отложить на покупку подвижного состава. Для покупки одного тягача стоимостью в 6—8 млн руб. нужно выполнить 2 тыс. таких рейсов. Получается, для покупки одного автомобиля необходимо работать 50 лет!

Однако свет в конце тоннеля виден. В октябре 2013 г. ПАО "КАМАЗ" начал серийно выпускать седельный тягач КАМАЗ-5490, который спроектирован по европейским стандартам. В тягаче использованы агрегаты и технологии одного из мировых лидеров грузового автостроения — Daimler Trucks. На новом КАМАЗе установлен проверенный временем двигатель OM457 LA от тягача Mercedes Axor мощностью 428 л. с. КАМАЗ-5490, соответствующий требованиям Евро 5, может смело выезжать за границу. Заявленный ресурс на двигатель составляет более 1 млн км, а межсервисный интервал — от 80 000 км. Расход топлива автопоезда в зависимости от условий перевозки находится в пределах 29—34 л/100 км, что вполне приемлемо. Правда, большое количество импортных комплектующих в конструкции оборачивается высокими эксплуатационными затратами у потребителя. По многим технико-эксплуатационным показателям, оснащенности тягач мало в чем уступает зарубежным аналогам, а по приспособленности к российским условиям эксплуатации превосходит их. Ключевое преимущество КАМАЗ-5490 — его цена. В начале 2016 г. он стоил в среднем 4,2 млн руб., тогда как цена его зарубежных аналогов не меньше 6 млн руб., т. е. в 1,5 раза больше.

К негативным моментам, повышающим затраты перевозчиков, надо добавить введение в 2012 г. утилизационного сбора, а в ноябре 2015 г. — системы оплаты за проезд по федеральным магистралям. Следует отметить также существенное увеличение в январе и апреле 2016 г. акцизов на дизельное топливо. При сокращении объемов перевозок увеличение инвестиционных и эксплуатационных затрат транспортных компаний ухудшает их финансовое состояние, ослабляет конкурентные позиции на мировом рынке транспортных услуг.

В данный момент одной из важнейших целей участников МАП является выдержать конкуренцию со стороны иностранных перевозчиков. Особый интерес представляет развитие высокоэффективных международных транспортных систем именно в направлении Запад—Восток, способствующих реализации транзитного потенциала страны.

В 2014—2015 гг. усилия России во внешнеэкономической деятельности были направлены на страны юго-восточной Азии и Тихоокеанского региона, Ближнего Востока. Однако макроэкономическая нестабильность в мире негативно повлияла и на экономику Китая, в том числе на торговые отношения России с Китаем. Согласно данным РосБизнесКонсалтинга в 2015 г. товарооборот между Россией и Китаем сократился на 27,8 % — до $64,2 млрд.

Несмотря на замедление роста китайской экономики в 2015 г., товарооборот между Китаем и Казахстаном стремительно растет. Предполагается, что значительно увеличит долю автомобильных перевозок между этими странами строящийся международный транспортный коридор "Европа — Западный Китай". Улучшить транспортные связи между Северной Европой и Западным Китаем должна автомагистраль, которая проходит через территорию Казахстана, России и Китая. Реализация проекта строительства данного транспортного коридора будет способствовать не только появлению новых предприятий, но и даст возможность для развития и расширения существующих. Это, в свою очередь, обеспечит появление новых рабочих мест, повышение доходов регионального и местного бюджетов, увеличение международного и межрегионального товарооборота.

В конце 2014 г. было подписано Соглашение между правительствами государств — членов Шанхайской организации сотрудничества (ШОС). Этим соглашением предусматривается предоставление российским перевозчикам права проезда по маршрутам между Китаем и Россией по территории Казахстана (не позднее 2020 г.). По просьбе АСМАП Минтранс России провел трехсторонние переговоры с представителями транспортных ведомств Китая и Казахстана о начале осуществления таких перевозок по временной схеме ранее указанного срока.

Перспективы развития рынка МАП после 2016 г. будут во многом зависеть от темпов развития мировой экономики, а также внешнеэкономической деятельности субъектов бизнеса Российской Федерации. В первую очередь индикаторами здесь будет состояние внешней торговли со странами ЕС, СНГ и Китаем; возможности производства в нашей стране высокотехнологичной продукции, пользующейся спросом на международном рынке; расширение экономического сотрудничества с зарубежными странами и, в немалой степени, конъюнктура внешних товарных рынков, а также международных рынков транспортных услуг.

Девальвация рубля перед российскими производителями открывает широкие возможности для экспорта своих товаров. По некоторым товарным позициям уже видно оживление экспорта. Так, в 2015 г. Россия экспортировала вагонов в 5 раз больше, чем годом ранее. Наблюдается увеличение спроса на российские автомобили за рубежом. В России сейчас созданы производственные мощности на выпуск 3 млн автомобилей в год, тогда как объем внутреннего рынка в 2 раза меньше. Для поддержки экспорта автомобилей Правительство РФ в 2016 г. выделило 3,3 млрд руб., основная часть которых предназначена именно для возмещения производителям расходов на транспортировку товарных автомобилей за рубеж. Если учесть, что легковые автомобили преимущественно транспортируются автотранспортом, тариф составляет 70 руб./км, при средней дальности перевозок 3 тыс. км емкость рынка доставки автомобилей составит около 4 млрд руб. Этот пример показывает, что с оживлением экономики страны будет расти и рынок МАП, причем экспортные грузы преимущественно будут доставляться российскими перевозчиками.

При определении перспектив развития российского рынка МАП могут быть рассмотрены два основных сценарных варианта, основанных на прогнозных значениях долгосрочного социально-экономического развития российской экономики на период до 2030 г. В случае, если после 2016 г. сохранится стабильность на мировых товарных рынках, можно прогнозировать некоторый рост международных автомобильных перевозок грузов между Россией и зарубежными странами. В результате объем перевозок грузов международным автомобильным транспортом в 2020 г. может возрасти до 45 млн т.

Не очень высокие прогнозируемые темпы роста объемов МАП России обусловливаются сохранением в ближайшие годы сложившейся ныне структуры экономики — как поставщика минеральных энергоресурсов и сырья первичной переработки. А это не позволяет существенно поднять объемы экспорта выше 2 % в год в 2016—2020 гг.

Анализ показывает, что в стране с 2013 г. наблюдается затяжная тенденция сокращения международных автомобильных перевозок. Сырьевая направленность экономики России не способствует развитию международных перевозок. Основной грузопоток российских МАП приходится на Финляндию, Нидерланды, Германию и Польшу. Причем большую часть всего объема перевозок составляют импортные товары. В экспортном направлении российские перевозчики испытывают нехватку грузов, что приводит к низкому уровню коэффициента использования пробега подвижного состава, снижению эффективности перевозок. Развитие МАП в ближайшие годы будет во многом зависеть от уровня конкурентной позиции российских автотранспортных компаний, совершенствования нормативно-правовых актов, регулирующих международные перевозки, снижения налоговой нагрузки на реальный бизнес в стране, а также модернизации транспортных средств и насыщения автомобильного парка современной безопасной и экологичной техникой.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**


1. **Статистика** интернет-торговли в странах мира: основные тенденции и показатели. [Электронный ресурс]. URL: http://провэд.рф http://провэд.рф/analytics/16849-statistika-intepnet-topgovli-v-stpanahmipa-osnovnye-tendentsii-i-pokazateli.html (дата обращения: 06.04.2016).
2. **Рынок** международных контейнерных перевозок: основные игроки и тенденции развития. [Электронный ресурс]. URL: http://xn--b1ae2adf4f.xn--p1ai/analytics/research/6274-rinok-konteinerov.html (дата обращения: 08.04.2016).
3. **Новичкова А. Б.** МАП в России: уроки выживания // Международные автомобильные перевозки. 2014. № 3. С. 32—38.
4. **Международные грузовые автоперевозки:** проблемы и решения. [Электронный ресурс]. URL: http://www.umniylogist.ru/articles/20130930105703-6583.html (дата обращения 08.04.2016).
5. РБК [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://rbcdaily.ru (дата обращения: 10.02.16).
6. **Холопов К. В., Забоев А. И.** Российский рынок международных автомобильных перевозок грузов: тенденции и перспективы // Российский внешнеэкономический вестник. — 2014. — № 7. — С. 97—103.

УДК 621.436

**А. А. Савастенко** канд. техн. наук, доцент, e-mail: dozentrudn@mail.ru,
**Э. А. Савастенко**, аспирант, Российский университет дружбы народов (РУДН),
**В. А. Марков**, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, e-mail: vladimir.markov58@yandex.ru,
**П. П. Ощепков,** канд. техн. наук, доцент, Российский университет дружбы народов (РУДН)

# УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДОБАВОК К НЕФТЯНОМУ ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ. ЧАСТЬ 1

*Показана возможность снижения выбросов токсичных компонентов с отработавшими газами дизеля при использовании добавок к нефтяному дизельному топливу. Рассмотрены виды этих добавок и способы их подачи в цилиндры двигателя. Представлены результаты исследований дизеля при добавлении неорганических добавок к дизельному топливу.*

***Ключевые слова:*** *дизельный двигатель, нефтяное дизельное топливо, добавка к топливу, неорганическая присадка, токсичность отработавших газов, дымность отработавших газов, дымность выхлопа.*

*An opportunity of reducing emissions of toxic components from exhaust gases of diesel engines when using additives to oil diesel fuel is shown. Types of these additives and the ways of their feeding into the engine cylinders are considered. The results of studying the diesel engine by adding inorganic additives to diesel fuel are presented.*

***Keywords*****:** *diesel engine, oil diesel fuel, additive to fuel, inorganic additive, toxicity of exhaust gases, smoke emissions.*

На современном этапе развития двигателестроения токсичность отработавших газов (ОГ) становится важнейшим потребительским показателем двигателей внутреннего сгорания [1—3]. Это обусловлено ухудшающейся экологической обстановкой в крупных мегаполисах, связанной с ростом числа транспортных средств, и введением жестких норм на выбросы вредных веществ с ОГ автомобильных двигателей.

Представленные на рис. 1 данные свидетельствуют о том, что суммарный выброс вредных веществ мирового автопарка уже превысил 200 млн т в год [1]. Отечественный автомобильный парк ежегодно выбрасывает в атмосферу 13—15 млн т оксидов углерода и 1,2—1,5 млн т оксидов азота. При этом до 22 % всех выбросов диоксида углерода, около 50 % веществ, вызывающих кислотность атмосферы, и 60—90 % смога приходится на эмиссию вредных веществ с ОГ транспортных средств.

Особенно тяжелая экологическая обстановка складывается в крупных городах. Например, в Москве годовые суммарные выбросы вредных веществ автотранспортом достигают 1,7 млн т [1].

Современные жесткие требования к токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания обуславливают необходимость поиска путей дальнейшего улучшения их экологических

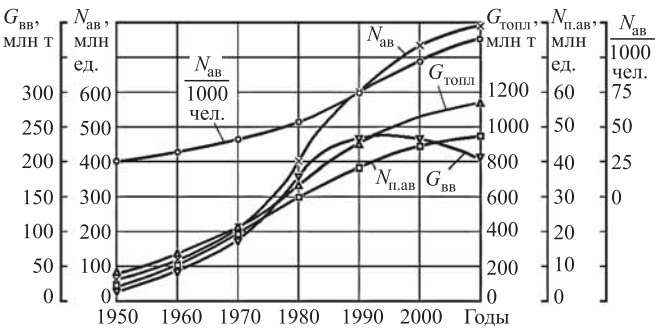



**Рис. 1. Динамика изменения численности мирового автомобильного парка (числа автомобилей $N_{ав}$), количества автомобилей на 1000 человек ($N_{ав}$/1000 чел.), ежегодного прироста мирового парка автомобилей $N_{п.ав}$, мирового расхода моторных топлив $G_{топл}$, выбросов вредных веществ в атмосферу, образующихся при сжигании моторных топлив $G_{вв}$**

показателей. Удовлетворение этих требований невозможно без дальнейшего улучшения качества применяемых моторных топлив. Достижение необходимых показателей токсичности ОГ возможно при использовании добавок к нефтяным моторным топливам [4—6].

Различают следующие виды добавок (присадок): депрессорные, промоторы воспламенения, диспергирующие, противоизносные, противодымные и другие. Некоторые присадки являются многофункциональными. В качестве многофункциональных присадок рассматриваются добавки различных альтернативных топлив. Уже проведены исследования возможностей применения различных добавок альтернативных топлив к дизельному топливу. Среди этих добавок следует отметить сжиженный нефтяной газ [7, 8], диметиловый эфир [9, 10], растительные масла и их производные [11—13]. Использование этих добавок позволяет значительно улучшить показатели токсичности ОГ.

Важнейшим токсичным компонентом ОГ дизелей считаются твердые частицы (выброс сажи или дымность ОГ). Высокая потенциальная опасность этих частиц обусловлена их способностью аккумулировать на своей поверхности многие известные канцерогены и мутагены, а также незначительными размерами частиц, позволяющими им проникать в органы дыхания человека и накапливаться в них. В соответствии с данными работы [3] токсикологическая значимость основных токсичных компонентов ОГ — монооксида углерода CO, оксидов азота $NO_x$, легких несгоревших углеродов $CH_x$, сажи C и оксидов серы $SO_x$ оценивается как отношение 1 : 41,1 : 3,16 : 200 : 22. Это подтверждает первоочередную необходимость снижения дымности выхлопа — уменьшение выброса сажи с ОГ дизелей. Указанные выше добавки к нефтяному дизельному топливу (сжиженный нефтяной газ, диметиловый эфир, растительные масла и их производные) позволяют существенно уменьшить дымность ОГ. Эффективно снижают показатели токсичности ОГ и ряд других химически активных соединений (ХАС), в частности — металлонеорганические соединения, представляющие собой водные растворы солей различных металлов [14—16].

Необходимо отметить, что возможны различные способы подачи рассматриваемых добавок к нефтяному дизельному топливу (ДТ) в цилиндры двигателя. В случае хорошей смешиваемости этих компонентов и получении стабильных смесей целесообразно заправлять транспортные средства на АЗС моторными топливами, уже содержащими эти добавки. При плохой смешиваемости указанных компонентов (например, нефтяного ДТ и водных растворов солей металлов) или нахождении этих компонентов в разных фазах (например, жидкое нефтяное ДТ и газообразный в нормальных условиях диметиловый эфир) необходимо использовать другие способы подачи ХАС. В частности, возможно использование топливных систем, в которых химически активные соединения смешиваются с нефтяным дизельным топливом в линии высокого давления системы топливоподачи.

Такие системы часто называют системами с регулируемым начальным давлением (РНД) [17—20]. Типичная схема работы такой системы на примере смешивания нефтяного ДТ и диметилового эфира (ДМЭ) представлена на рис. 2 [9]. Процесс образования смеси нефтяного дизельного топлива (ДТ) и ДМЭ происходит следующим образом. ДМЭ, ожижаемый при давлении около 5 кг/см$^2$, из бака подается к двигателю под давлением 1,0—1,5 МПа, создаваемым подкачивающим насосом или сжатым азотом (см. рис. 2). Наддув баллона с ДМЭ азотом позволяет сохранить избыточное давление приблизительно на

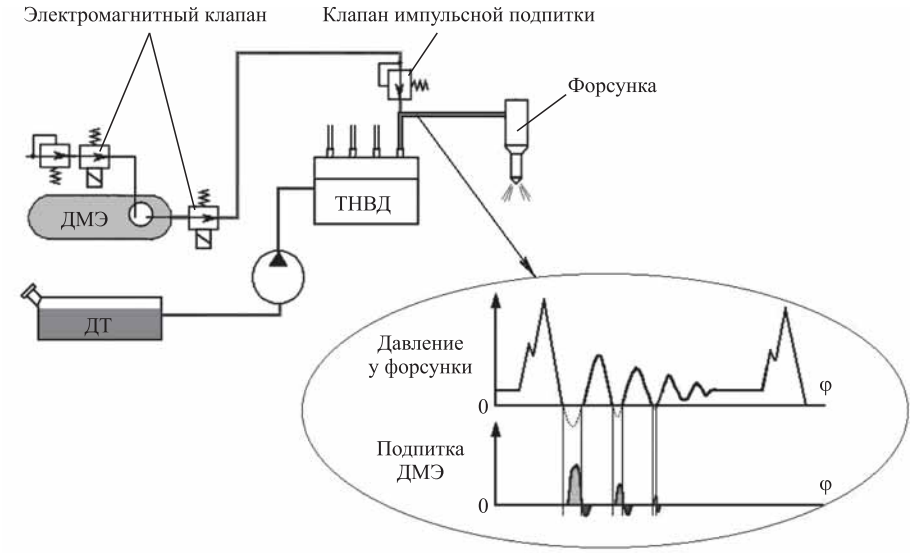



**Рис. 2. Схема системы подачи ДМЭ в линию высокого давления дизельной топливной системы**

одном уровне в процессе потребления ДМЭ, исключить вероятность образования паровых пробок и прекращения работы дизеля. Кроме этого, безнасосная схема подачи ДМЭ соответствует требованиям взрыво- и пожаробезопасности, так как при температуре ниже –25 °С давление насыщенных паров этого эфира становится ниже атмосферного, что не исключает вероятность попадания атмосферного воздуха внутрь баллона.

Процесс подачи ДМЭ и образование смесевого топлива осуществляется следующим образом: ДМЭ из бака подается в топливную систему двигателя под давлением, создаваемым сжатым азотом, что позволяет сохранить избыточное давление приблизительно на одном уровне в процессе потребления ДМЭ, исключить вероятность образования паровых пробок и прекращения работы дизеля. В рассматриваемой топливной системе в периоды между впрыскиваниями давление в линии высокого давления (в частности, на входе в форсунку), называемое остаточным или начальным, колеблется и в некоторые моменты времени может быть ниже давления 1,0—1,5 МПа, создаваемого подкачивающим насосом или сжатым азотом (см. рис. 2). В эти моменты времени происходит подача ДМЭ в линию высокого давления (в нагнетательный топливопровод, соединяющий топливный насос высокого давления — ТНВД и форсунку) из баллона с ДМЭ через клапан импульсной подпитки (клапан РНД). Смесь ДТ и ДМЭ, образующаяся в линии высокого давления, далее впрыскивается в цилиндры дизеля штатной форсункой.

Такая схема системы топливоподачи позволяет существенно улучшить качество процесса смесеобразования вследствие разности температуры кипения нефтяного ДТ (для дизельного топлива марки Л по ГОСТ 305—82 диапазон температур выкипания $t_{кип}$ примерно равен 180—360 °С) и ДМЭ ($t_{кип}$ около –25 °С).

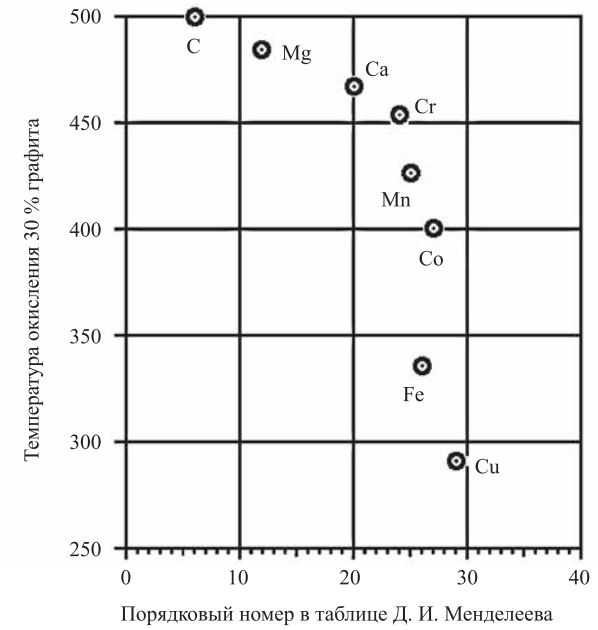



**Рис. 4. Снижение температуры окисления углерода (графита) С при добавлении в дизельное топливо различных активаторов — магния Mg, кальция Ca, хрома Cr, марганца Mn, кобальта Co, железа Fe, меди Cu**

Подобная система топливоподачи (рис. 3) применена и в проведенных авторами исследованиях влияния добавок водных растворов солей различных металлов на показатели дымности и токсичности ОГ. В данной схеме этой системы топливоподачи химически активное соединение подается в линию высокого давления (ЛВД) топливоподкачивающим насосом ХАС через клапаны РНД (см. рис. 3, *б*). При этом водные растворы ХАС подаются без избыточного давления (самотеком), только благодаря разрежению в ЛВД.

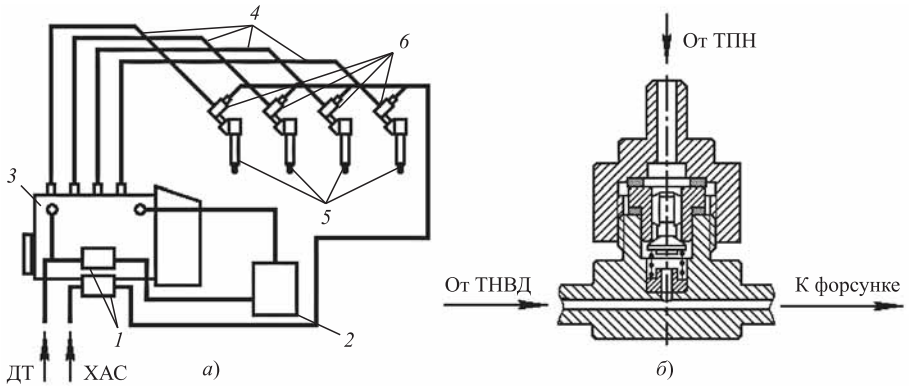



**Рис. 3. Система подпитки линии высокого давления химически активными соединениями с помощью клапана РНД:**

*а* — схема системы; *б* — регулятор начального давления; *1* — топливоподкачивающие насосы (ТПН); *2* — фильтр тонкой очистки; *3* — ТНВД; *4* — линии высокого давления; *5* — форсунки; *6* — клапаны РНД

Использование водных растворов солей металлов в качестве противодымных присадок базируется на способности некоторых элементов периодической таблицы Д. И. Менделеева снижать температуру окисления углерода (графита) [14—16]. Эта способность подтверждается результатами экспериментальных исследований на калориметрическом стенде. В частности, такие

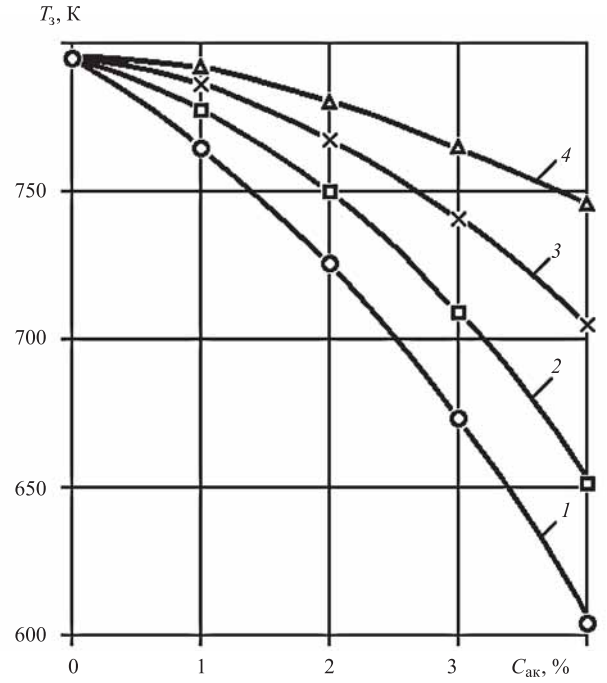



**Рис. 5. Зависимость температуры зажигания (тления) $T_з$ дизельной сажи от массового содержания различных металлонеорганических соединений (активаторов) в дизельном топливе $C_{ак}$:**

*1* — $CuSO_4 + 5\ H_2O$; *2* — $FeCl_3 + 6\ H_2O$; *3* — $MnCl_2 + 4\ H_2O$; *4* — $CaCl_2 + 6\ H_2O$

элементы как железо Fe и медь Cu способны снижать температуру окисления графита C более чем на сто градусов Цельсия (рис. 4).

В связи с этим, авторами статьи были проведены исследования некоторых металлонеорганических соединений (водных растворов солей металлов) с целью оценки их влияния на температуру тления (зажигания) дизельной сажи $T_з$. Результаты этих исследований, представленные на рис. 5, свидетельствуют, что наибольшее снижение температуры зажигания (тления) $T_з$ дизельной сажи достигнуто при использовании водного раствора сернокислой меди $CuSO_4$ и его массовом содержания в дизельном топливе $C_{ак} = 4\ \%$.

Для подтверждения возможности снижения дымности ОГ при добавлении неорганических присадок к топливу были проведены исследования нескольких типов дизелей отечественного и зарубежного производства. Ниже приведены результаты испытаний дизельного двигателя типа 4 Ч 8,89/10,1 фирмы "Перкинс" ("Perkins"), используемого в автопогрузчике "Балканкар". При испытаниях исследовались процессы топливоподачи при работе топливной аппаратуры на нефтяном дизельном топливе (ДТ) и на водотопливных эмульсиях (эмульсиях ДТ и водных растворов солей металлов). Затем были проведены сравнительные испытания дизеля в составе автопогрузчика при работе на ДТ и указанных водотопливных эмульсиях. В исследуемом дизеле было установлено устройство для подачи химически активных соединений (ХАС) в нефтяное дизельное топливо, представленное на рис. 3.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Нефтяные моторные топлива**: экологические аспекты применения / 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", 2014. — 691 с.
2. **Машиностроение. Энциклопедия. Том IV**. Двигатели внутреннего сгорания / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, Н. А. Иващенко. — М.: Машиностроение, 2013. — 784 с.
3. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 376 с.
4. **Чулков П. В., Чулков И. П.** Топлива и смазочные материалы: ассортимент, качество, применение, экономия, экология. — М.: Политехника, 1996. — 304 с.
5. **Топлива, смазочные материалы, технические жидкости**. Ассортимент и применение: Справочник. Второе издание / И. Г. Анисимов, К. М. Бадыштова, С. А. Бнатов и др. Под ред. В. М. Школьникова. — М.: Издательский центр "Техинформ", 1999. — 596 с.
6. **Гуреев А. А., Азев В. С., Камфер Г. М.** Топливо для дизелей. Свойства и применение. — М.: Химия, 1993. — 336 с.
7. **Патрахальцев Н., Медведев Е., Казначевский В.** Возможности использования сжиженного нефтяного газа в качестве добавки к дизельному топливу // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. — 2004. — № 1. — С. 5—7.
8. **Возможности экономии дизельного топлива** при организации газодизельного процесса с внутренним смесеобразованием / Н. Н. Патрахальцев, В. И. Куличков, О. В. Камышников и др. // Тракторы и сельхозмашины. — 1990. — № 10. — С. 8—9.
9. **Работа дизелей** на нетрадиционных топливах: Учебное пособие / В. А. Марков, А. И. Гайворонский, Л. В. Грехов и др. — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2008. — 464 с.
10. **Опыт проектирования** и использования систем подачи ДМЭ в автомобильных дизелях / Л. В. Грехов, А. А. Жердев, Н. А. Иващенко и др. // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. — 2004. — № 6. — С. 60—62.

11. **Использование** растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. Г. Семенов В. Г. и др. — М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2011. — 536 с.
12. **Марков В. А., Иващенко Н. А., Девянин С. Н.** Снижение дымности отработавших газов дизелей при использовании биодобавок к топливу // Грузовик. — 2012. — № 12. — С. 40—46.
13. **Марков В. А., Девянин С. Н., Савастенко А. А.** Системы топливоподачи дизельного двигателя, работающего на смесях дизельного топлива и рапсового масла // Грузовик. — 2014. — № 6. — С. 10—15.
14. **Андреенко Э. Ф., Куцевалов В. А., Савастенко А. А.** Снижение дымности ОГ дизеля введением химически активных веществ в зону горения. // Материалы международного симпозиума в г. Пирна. — Дрезден: Изд-во Коц, 1987. — № 3/87. — С. 158—161.
15. **Савастенко А. А.** Снижение дымности и повышение эффективности дизеля применением металлонеорганических присадок к топливу: автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.02. — М.: Изд-во Университета дружбы народов им. П. Лумумбы, 1989. — 16 с.
16. **Kucevalov V. A., Fomin V. M., Savastenko A. A.** Decreasing of specific fuel consumption by mean of optimization rate of heat release and soot formation lowered // VII-th International Symposium with a support of EAEc "Motor Sympo 90" Chechoslovakia 24—26 april, 1990.
17. **Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А.** Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для вузов. Второе издание. — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. — 344 с.
18. **Патрахальцев Н. Н., Альвеар Санчес Л. В.** Пути развития топливных систем для подачи в цилиндр дизеля нетрадиционных топлив // Двигателестроение. — 1988. — № 3. — С. 11—13.
19. **Девянин С., Савастенко А., Кузнецов М.** Применение рапсового масла в качестве альтернативного топлива для дизелей // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. — 2007. — № 3. — С. 68—71.
20. **Способы** применения сжиженного нефтяного газа в качестве топлива на транспорте / И. В. Леонов, В. А. Марков, В. И. Шатров и др. // Грузовик &. — 2000. — № 12. — С. 4—8.
21. **ОСТ 23.1.440—76.** Дизели тракторные и комбайновые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. — М.: ОНТИ НАТИ, 1976. — 5 с.
22. **ГОСТ 17.2.2.01—84.** Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений. — М.: Изд-во Стандартинформ, 2006. — 10 с.
23. **ОСТ 23.1.441—76.** Дизели тракторные и комбайновые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения. — М.: ОНТИ НАТИ, 1976. — 8 с.


## Спецтехника КАМАЗ

ПАО "КАМАЗ" поставило крупную партию самосвальных автопоездов-зерновозов в адрес ведущего российского экспортера сельхозпродукции — ООО "Агромаркет".

Церемония торжественной передачи 60 автопоездов-зерновозов в составе автомобиля КАМАЗ-68901Е и прицепов 85310В-85300С состоялась на территории ставропольского филиала федеральной компании "КАМАЗТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ", которая выступила поставщиком в сделке. Спецтехника КАМАЗ, пополнив автопарк заказчика, окажет содействие дальнейшему развитию ООО "Агромаркет" и агропромышленного комплекса Ставропольского края.

ООО "КАМАЗТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ" — 100-процентное дочернее предприятие ПАО "КАМАЗ", официальный дилер с развитой сервисной сетью (филиалы находятся в 14 городах России).

ООО "Агромаркет" — один из крупнейших экспортеров сельхозпродукции на юге России, основной поставщик минеральных удобрений, семян и средств защиты растений в Ставропольском крае.

*Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"*

УДК 656.017

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

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРМОЖЕНИЯ. ЧТО ПОКАЗЫВАЮТ ТЕСТЫ ПРИ ТО И ЧТО ПРОИСХОДИТ НА ПРАКТИКЕ

*Нарушения технической эксплуатации транспортных средств приводят к дорожно-транспортным происшествиям. Для наиболее точного определения причин возникновения дорожно-транспортных происшествий проводится автотехническая экспертиза.*

***Ключевые слова:*** *тормозная система, эффективность торможения, автотехническая экспертиза, дорожно-транспортные происшествия.*

*The ongoing violations of the technical operation of the trans-tailors funds resulting in a traffic prois processions. For the most accurate determination of the causes of pre-Road traffic accidents held auto-technical Expertiza.*

***Keywords:*** *brake, braking performance, auto-technical expertise, traffic accidents.*

Эффективность тормозной системы транспортных средств (ТС) при прохождении технического осмотра (ТО) — контроля качества технического состояния ТС определяется, в основном, на роликовых барабанах. Тестирование осуществляется при использовании, как правило, летних покрышек. В зимний период ТС эксплуатируют с использованием зимних покрышек, с шипуемым и нешипуемым протектором, эффективность торможения которых может существенно отличаться от тестируемых при прохождении ТО.

Вероятность непреднамеренной ошибки результатов следствия ДТП, является ошибка в проведении экспертизы. Например, неправильный выбор табличных параметров при проведении автотехнической экспертизы.

Нарушения технической эксплуатации ТС становятся причиной дорожно-транспортных происшествий (таблица).

Для наиболее точного определения причин возникновения дорожно-транспортных происшествий проводится автотехническая экспертиза.

При возникновении дорожной опасности по мере движения ТС в соответствии с п. 10.1 ПДД РФ, "необходимо принять возможные меры к снижению скорости, вплоть до полной остановки ТС". Следовательно, для предотвращения ДТП нам необходимо изыскать техническую возможность с момента возникновения опасности "вплоть до полной остановки ТС". Наглядным результатом служит в данном случае длина тормозного пути ТС.

После осмотра места ДТП по результатам, в том числе замера тормозного пути, для проведения автотехнической экспертизы производится выбор табличных параметров с помощью измерителя эффективности тормозных систем ТС "Эффект — 02" или на тормозных стендах при определении тормозных свойств ТС при технической эксплуатации в процессе проведения контроля качества технического состояния ТС, т. е. ТО. При этом не учитывается сезонное назначение установленных на ТС шин (летние, зимние, всесезонные).

Таким образом происходит искажение реальной картины тормозного пути ТС, так как не отражаются реальные тормозные характеристики ТС, они находятся ниже минимально допустимых требований по ГОСТ Р51709—2001 "Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки" и Правил № 13 ЕЭК ООН.

И что же происходит на практике? Следствие делает неправильный вывод на основании ошибочности суждения о возможности наличия или отсутствия у водителя технической возможности предотвращения ДТП.

**ДТП, произошедшие вследствие технической неисправности транспортного средства (за 10 месяцев 2015 г.)**

| | ДТП | | Погибло | | Ранено | | Тяжесть послед. ДТП |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | абс. | % к АППГ | абс. | % к АППГ | абс. | % к АППГ | |
| Российская Федерация | 2 030 | 24,1 | 425 | 22,5 | 2 944 | 24,7 | 12,6 |

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*
Сдано в набор 06.10.2016. Подписано в печать 14.11.2016. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**