Грузовик

12
2017

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

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

Редакционный совет

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

Корпункт:
Я.Е.Карповский (г.Минск)

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

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

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

Подписной индекс:
по объединенному каталогу
"Пресса России" 39799

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

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

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель

В НОМЕРЕ:

Конструкция

3 *Вальехо Мальдонадо П. Р., Чайнов Н. Д., Руновский К. С.* Уравновешивание 12-цилиндрового четырехтактного двигателя типа W с дезаксиальным кривошипно-шатунным механизмом и равномерным чередованием вспышек. Часть 2

Исследования. Расчет

8 *Денисов А. С., Асоян А. Р., Носов А. О., Биниязов А. М.* Зависимость ресурса двигателя от уровня масла в картере

14 *Жедь О. В., Копылов В. В.* Влияние формы отверстия зубчатого венца на его предварительное напряженное состояние при сборке с базовой деталью Часть 1

16 *Пыдрин А. В., Посунько И. А., Лагузин А. Б.* Повышение износостойкости трибосопряжений двигателя внутреннего сгорания применением маслорастворимых полифункциональных добавок

19 *Данилов И. К., Попова И. М.* Анализ методов, разработка и экономическое обоснование средства диагностирования цилиндропоршневой группы ДВС

Городской пассажирский наземный транспорт

23 *Тошев Дж. Ш., Ременцов А. Н., Зенченко В. А.* Основные подходы к решению вопроса необходимости оптимизации срока службы пассажирского транспорта в условиях города Душанбе

Практика

29 *Комов А. Б., Комов П. Б.* Совершенствование технической эксплуатации автомобилей на основе организации технического регулирования

33 *Фасхиев Х. А., Целищев В. А.* Определение трудоемкости технического обслуживания и ремонта проектируемых грузовых автомобилей

36 *Лянденбурский В. В., Родионов Ю. В., Нестеров А. А.* Технология бортового диагностирования систем газотурбинного наддува дизелей

Профессия

40 *Смык А. Ф., Спиридонова Л. В., Спиридонов А. А.* Густав Лист — изобретатель двигателя внутреннего сгорания

45 ***Пресс-тур***

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

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

Truck

12
2017

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

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

Editorial council

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

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

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

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

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

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

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 2017

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

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

CONTENTS:

Design

3 *Vallejo Maldonado P. R., Chainov N. D., Runovsky K. S.* Balancing of 12-cylinder four-stroke W-type engine with desaxial crank mechanism and uniform alteration of flashes. Part 2

Research. Calculation

8 *Denisov A. S., Asoyan A. R., Nosov A. O., Biniyazov A. M.* Resource dependency engine oil level in the crankcase

14 *Zhed O. V., Kopylov V. V.* Influence of the form holes face on his prior stress state in the Assembly with the base detail. Part 1

16 *Pydrin A. V., Posunko I. A., Laguzin A. B.* Increase of wear resistance of friction units of internal combustion engine the use of oil-soluble multifunctional additives

19 *Danilov I. K., Popova I. M.* Analysis methods, the development and feasibility study of the means of diagnosing the cylinder-piston group of internal combustion engines

Public passenger land transport

23 *Toshev J. Sh., Rementsov A. N., Zenchenko V. A.* Basic approaches to the solution of the need to optimize the service life of passenger transport in the city of Dushanbe

Practice

29 *Komov A. B., Komov P. B.* Improvement of technical exploitation of cars through the organization of technical regulation

33 *Faskhiev Kh. A., Tcelishcev V. A.* Definition of the technical labor-intensive

36 *Ljandenburskij V. V., Rodionov Yu. V., Nesterov A. A.* Technology onboard diagnosis systems gas turbine supercharge of diesel engines

Profession

40 *Smyk A. F., Spiridonova L. V., Spiridonov A. A.* Gustav List — the Inventor of the Internal Combustion Engine

45 ***Press Tour***

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

УДК 436.03.001

П. Р. Вальехо Мальдонадо, канд. техн. наук, доцент, Российский университет дружбы народов, e-mail: prvm@rambler.ru, **Н. Д. Чайнов**, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, e-mail: ndchainov@yandex.ru, **К. С. Руновский**, канд. техн. наук, доцент

УРАВНОВЕШИВАНИЕ 12-ЦИЛИНДРОВОГО ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТИПА W С ДЕЗАКСИАЛЬНЫМ КРИВОШИПНО-ШАТУННЫМ МЕХАНИЗМОМ И РАВНОМЕРНЫМ ЧЕРЕДОВАНИЕМ ВСПЫШЕК. ЧАСТЬ 2

В статье рассматривается уравновешивание 12-цилиндрового четырехтактного двигателя, представляющего собой V-образную компоновку из двух 6-цилиндровых двигателей схемы VR, с углом развала блоков цилиндров этих двигателей 72°, углом развала цилиндров в каждом блоке 15°, дезаксиальным кривошипно-шатунным механизмом и равномерным чередованием вспышек. Приведены формулы, позволяющие описать и проанализировать возникающие в таком двигателе продольные моменты сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс для любого заданного значения угла развала блоков цилиндров, угла развала цилиндров в блоке, отношения радиуса кривошипа к длине шатуна и относительного дезаксиала оси цилиндра. Предложен способ уравновешивания неуравновешенных моментов сил инерции вращающихся и возвратно-поступательно движущихся масс.

Ключевые слова: *уравновешивание, равномерное чередование вспышек, двигатель типа W, угол развала цилиндров.*

The article deals with balancing of the 12-cylinder four-stroke engine, with is a V-shaped arrangement of two 6-cylinder engines of the VR scheme with a 72° angle of the vee of the engine, with a 15° angle of the vee in each block, with desaxial crank mechanism and a uniform alteration of flashes. The article gives formulas that enable to describe and analyze longitudinal moments of inertia forces of reciprocatingly moving masses for any given angle of the vee of the blocks, angle of the vee in the block, ratio of the crank radius to the conrod length and relative desaxial of the cylinder axis. The article proposes a method of balancing unbalanced moments of inertia forces of turning and reciprocatingly moving masses.

Keywords: *balancing, uniform alternating flashes, the W-type engine, included angle of cylinders.*

(Рисунки на 3—4-й полосах обложки)

Полное уравновешивание каждого из моментов M_{1y} и M_{1x} достигается с помощью четырех противовесов, установленных на двух дополнительных валах, параллельных оси коленчатого вала. Валы располагаются в плоскости, перпендикулярной соответствующей координатной оси — *У* для M_{1y} и *X* для M_{1x} (рис. 8) — и вращаются попарно в разные стороны с угловыми скоростями ω и −ω (рис. 1—7) (см. "Грузовик", № 11, 2017 г.).

Противовесы, уравновешивающие момент M_{1y}, одинаковой массы $m_{\text{пр}1y(\omega)}$ и $m_{\text{пр}1y(-\omega)}$, надо установить так, чтобы при повороте первого кривошипа на угол 86°40′ они находились в двух плоскостях, параллельных плоскости осей *У*. Момент, создаваемый парой противовесов, установленных на каждом из этих валов, должен составлять по модулю половину максимального уравновешиваемого момента:

$$M_{\text{пр}1y(\omega)} = M_{\text{пр}1y(-\omega)} = 0,5\left|M_{1y}\right|_{\max} = \\ = 0,2072 m_j R\omega^2 a.$$

Противовесы на другой паре валов, одинаковой массы $m_{\text{пр}1x(\omega)}$ и $m_{\text{пр}1x(-\omega)}$, должны быть установлены так, чтобы при повороте первого кривошипа на угол 176°40′ они располагались

в двух плоскостях, параллельных плоскости осей *X*. Противовесы, принадлежащие каждому из этих валов, должны создавать момент:

$$M_{\text{пр}1x(\omega)} = M_{\text{пр}1x(-\omega)} = 0,5\left|M_{1x}\right|_{\max} = \\ = 0,6102 m_j R\omega^2 a.$$

Количество уравновешивающих валов и противовесов можно сократить вдвое. Используя плоско-параллельный перенос дополнительных валов, переместим все противовесы, вращающиеся в одинаковую сторону, с двух валов на один общий вал [1] и каждые два противовеса, оказавшихся на одном конце этого вала, заменим одним противовесом, эквивалентным им по уравновешивающему действию (рис. 9).

Так, массы $m_{\text{пр}1(\omega)}$ "объединенных" противовесов вала, вращающегося с угловой скоростью ω, должны создавать момент, определяемый векторной суммой:

$$\overline{M}_{\text{пр}1(\omega)} = \overline{M}_{\text{пр}1x(\omega)} + \overline{M}_{\text{пр}1y(\omega)},$$

а массы $m_{\text{пр}1(-\omega)}$ противовесов другого вала — момент:

$$\overline{M}_{\text{пр}1(-\omega)} = \overline{M}_{\text{пр}1x(-\omega)} - \overline{M}_{\text{пр}1y(-\omega)}.$$

Как следует из рис. 9, моменты, создаваемые противовесами, перенесенными на общий вал, действуют в одной плоскости. Соответственно их векторы, перпендикулярные этой плоскости, можно расположить на одной линии и векторное сложение моментов заменить алгебраическим:

$$M_{\text{пр}1(\omega)} = M_{\text{пр}1x(\omega)} + M_{\text{пр}1y(\omega)} = \\ = 0,817 m_j R\omega^2 a;$$

$$M_{\text{пр}1(-\omega)} = M_{\text{пр}1x(-\omega)} - M_{\text{пр}1y(-\omega)} = \\ = 0,403 m_j R\omega^2 a.$$

При φ = 0 момент $M_{\text{пр}1(\omega)}$, как и его составляющие $M_{\text{пр}1x(\omega)}$ и $M_{\text{пр}1y(\omega)}$, действует в плоскости, отстоящей от оси *У* против хода часовой стрелки на угол 86°40′, от направления оси первого цилиндра — на угол 43°10′, от положения первого кривошипа в ВМТ — на угол 39°50′.

Момент $M_{\text{пр}1(-\omega)}$ при φ = 0 действует в плоскости, отстоящей от оси *У* по ходу часовой стрелки на угол 86°40′, от направления оси первого цилиндра — на угол 130°10′, от положения первого кривошипа в ВМТ — на угол 133°30′.

Принимая расстояние между плоскостями вращения противовесов на обоих валах одинаковым и обозначая его b_1 (см. рис. 8), найдем массы противовесов из равенств:

$$M_{\text{пр}1(\omega)} = m_{\text{пр}1(\omega)}\rho_{\text{пр}1(\omega)}\omega^2 b_1;$$

$$M_{\text{пр}1(-\omega)} = m_{\text{пр}1(-\omega)}\rho_{\text{пр}1(-\omega)}\omega^2 b_1,$$

где $\rho_{\text{пр}1}$ — расстояние от центра тяжести противовеса до оси вращения соответствующего вала.

Учитывая значения $M_{\text{пр}1(\omega)}$ и $M_{\text{пр}1(-\omega)}$, получим:

$$m_{\text{пр}1(\omega)} = 0,817 m_j \frac{R}{\rho_{\text{пр}1(\omega)}}\frac{a}{b_1};$$

$$m_{\text{пр}1(-\omega)} = 0,403 m_j \frac{R}{\rho_{\text{пр}1(-\omega)}}\frac{a}{b_1}.$$

При длине дополнительных валов, составляющей примерно три четверти длины двигателя, и радиусе вращения "объединенных" противовесов, равном приблизительно половине радиуса кривошипа, большая из этих масс ($M_{\text{пр}1(\omega)}$) не превышает 40 % массы, совершающей возвратно-поступательное движение в одном цилиндре.

В качестве вала, вращающегося с угловой скоростью ω, можно использовать коленчатый вал, разместив на нем противовесы в плоскости, отстающей от плоскости первого кривошипа на угол 43°10′.

Используя формулы (3), в которых, напомним, $\theta = \gamma_{\text{ш}} - \gamma_{\text{ц}} = 2\left|\varphi_{\text{вмт}}\right| = 2\arcsin\frac{\lambda K}{(1+\lambda)}$, $\theta'' = \frac{720^\circ}{i_{\text{w}}}$ и $\theta' = \theta - \theta''$, можно найти значения амплитуд *A*, *B*, *D* и *E* в уравнениях моментов сил инерции первого порядка для любых заданных значений λ, *K*, $\gamma_{\text{ц}}$ и $\gamma_{\text{цw}}$. Полученные таким образом новые уравнения этих моментов позволяют определить и новые положения плоскости их действия, и новые значения их экстремумов. Тем самым решается задача о массах противовесов, уравновешивающих указанные моменты, и их расположении на дополнительных валах для любых выбранных значений λ, *K*, $\gamma_{\text{ц}}$ и $\gamma_{\text{цw}}$.

Силы инерции второго порядка возвратно-поступательно движущихся масс соответственно для 1-го, 2-го и других цилиндров в функции угла φ поворота первого кривошипа определяются равенствами:

$$P_{j2(1)} = c_1\lambda\cos 2\varphi;\ P_{j2(2)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + 240 + \theta);$$

$$P_{j2(3)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + 120);$$

$$P_{j2(4)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + 120 + \theta);$$

$$P_{j2(5)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + 240);$$
$$P_{j2(6)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + \theta);$$

$$P_{j2(7)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi - \theta'');$$
$$P_{j2(8)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + 240 + \theta - \theta'');$$

$$P_{j2(9)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + 120 - \theta'');$$
$$P_{j2(10)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + 120 + \theta - \theta'');$$

$$P_{j2(11)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + 240 - \theta'');$$
$$P_{j2(12)} = c_1\lambda\cos 2(\varphi + \theta - \theta'').$$

Проекции сил инерции второго порядка на ось *У* вычисляются по следующим формулам

для 1-го, 3-го, 5-го, 8-го, 10-го и 12-го цилиндров:

$$P_{j2y(i)} = P_{j2(i)}\cos\frac{\gamma_{цw} + \gamma_ц}{2};$$

для 2-го, 4-го, 6-го, 7-го, 9-го и 11-го цилиндров:

$$P_{j2y(i)} = P_{j2(i)}\cos\frac{\gamma_{цw} - \gamma_ц}{2}.$$

Проекции тех же сил на ось *X* выражаются следующими формулами

для 1-го, 3-го и 5-го цилиндров:

$$P_{j2x(i)} = -P_{j2(i)}\sin\frac{\gamma_{цw} + \gamma_ц}{2};$$

для 2-го, 4-го и 6-го цилиндров:

$$P_{j2x(i)} = -P_{j2(i)}\sin\frac{\gamma_{цw} - \gamma_ц}{2};$$

для 7-го, 9-го и 11-го цилиндров:

$$P_{j2x(i)} = P_{j2(i)}\sin\frac{\gamma_{цw} - \gamma_ц}{2};$$

для 8-го, 10-го и 12-го цилиндров:

$$P_{j2x(i)} = P_{j2(i)}\sin\frac{\gamma_{цw} + \gamma_ц}{2}.$$

Продольный момент от сил инерции второго порядка возвратно-поступательно движущихся масс относительно точки "*O*" (см. рис. 6), действующий в плоскости осей *У*:

$$\begin{aligned} M_{2y} = {} & (2,5a + 0,5b)P_{j2y(1)} + (1,5a + 0,5b)P_{j2y(2)} + (0,5a + 0,5b)P_{j2y(3)} - \\ & -(0,5a - 0,5b)P_{j2y(4)} - (1,5a - 0,5b)P_{j2y(5)} - (2,5a - 0,5b)P_{j2y(6)} + \\ & +(2,5a - 0,5b)P_{j2y(7)} + (1,5a - 0,5b)P_{j2y(8)} + (0,5a - 0,5b)P_{j2y(9)} - \\ & -(0,5a + 0,5b)P_{j2y(10)} - (1,5a + 0,5b)P_{j2y(11)} - (2,5a + 0,5b)P_{j2y(12)}, \end{aligned} \tag{6}$$

а момент тех же сил, действующий в плоскости осей *X*:

$$\begin{aligned} M_{2x} = {} & (2,5a + 0,5b)P_{j2x(1)} + (1,5a + 0,5b)P_{j2x(2)} + (0,5a + 0,5b)P_{j2x(3)} - \\ & -(0,5a - 0,5b)P_{j2x(4)} - (1,5a - 0,5b)P_{j2x(5)} - (2,5a - 0,5b)P_{j2x(6)} + \\ & +(2,5a - 0,5b)P_{j2x(7)} + (1,5a - 0,5b)P_{j2x(8)} + (0,5a - 0,5b)P_{j2x(9)} - \\ & -(0,5a + 0,5b)P_{j2x(10)} - (1,5a + 0,5b)P_{j2x(11)} - (2,5a + 0,5b)P_{j2x(12)}. \end{aligned} \tag{7}$$

Преобразуя уравнения (6) и (7) с учетом выражений проекций $P_{j2y(i)}$ и $P_{j2x(i)}$, получим:

$$M_{2y} = m_j R\omega^2\lambda a\left[\begin{aligned} & \left(A_{2y}\cos 2\varphi + B_{2y}\sin 2\varphi\right)\cos\frac{\gamma_{wц} + \gamma_ц}{2} + \\ & +\left(D_{2y}\cos\varphi + E_{2y}\sin\varphi\right)\cos\frac{\gamma_{wц} - \gamma_ц}{2} \end{aligned}\right];$$

$$M_{2x} = m_j R\omega^2\lambda a\left[\begin{aligned} & \left(A_{2x}\cos\varphi + B_{2x}\sin\varphi\right)\sin\frac{\gamma_{wц} + \gamma_ц}{2} + \\ & +\left(D_{2x}\cos\varphi + E_{2x}\sin\varphi\right)\sin\frac{\gamma_{wц} - \gamma_ц}{2} \end{aligned}\right],$$

где

$$\left.\begin{aligned}
A_{2y} &= 3 - 3\cos 2\theta' - \sqrt{3}\sin 2\theta';\\
B_{2y} &= \sqrt{3} - \sqrt{3}\cos 2\theta' + 3\sin 2\theta';\\
D_{2y} &= -3\cos 2\theta - \sqrt{3}\sin 2\theta + 3\cos 2\theta'' - \sqrt{3}\sin 2\theta'';\\
E_{2y} &= 3\sin 2\theta - \sqrt{3}\cos 2\theta + 3\sin 2\theta'' + \sqrt{3}\cos 2\theta'';\\
A_{2x} &= -3 - 3\cos 2\theta' - \sqrt{3}\sin 2\theta';\\
B_{2x} &= -\sqrt{3} + 3\sin 2\theta' - \sqrt{3}\cos 2\theta';\\
D_{2x} &= 3\cos 2\theta + \sqrt{3}\sin 2\theta + 3\cos 2\theta'' - \sqrt{3}\sin 2\theta'';\\
E_{2x} &= -3\sin 2\theta + \sqrt{3}\cos 2\theta + 3\sin 2\theta'' + \sqrt{3}\cos 2\theta'';\\
\theta' &= \theta - \theta''.
\end{aligned}\right\} \quad (8)$$

При $\lambda = 0{,}283$; $K = 0{,}263$; $\theta = 6°40'$; $\theta'' = 60°$; $\theta' = \theta + \theta'' = -53°20'$ получим:

$$M_{2y} = m_j R\omega^2\lambda a \times$$
$$\times\left[\begin{aligned}&\left(5{,}5197\cos 2\varphi - 0{,}6452\sin 2\varphi\right)\cos\frac{\gamma_{цw} + \gamma_ц}{2} +\\ &+\left(-6{,}3186\cos 2\varphi + 0{,}7386\sin 2\varphi\right)\cos\frac{\gamma_{цw} - \gamma_ц}{2}\end{aligned}\right]; \quad (9)$$

$$M_{2x} = m_j R\omega^2\lambda a \times$$
$$\times\left[\begin{aligned}&\left(-0{,}4803\cos 2\varphi - 4{,}1093\sin 2\varphi\right)\sin\frac{\gamma_{цw} + \gamma_ц}{2} +\\ &+\left(0{,}3186\cos 2\varphi + 2{,}7255\sin 2\varphi\right)\sin\frac{\gamma_{цw} - \gamma_ц}{2}\end{aligned}\right]. \quad (10)$$

Анализируя уравнения (9) и (10) на экстремумы, найдем, что максимальные по модулю значения M_{2y} и M_{2x} в случае $\gamma_ц = 15°$, $\gamma_{цw} = 72°$ имеют место соответственно при:

$$\varphi_{2y} = 86°40' \pm 90°k;\ (k = 0,\ 1,\ 2,...)$$
$$\text{и}\ \ \varphi_{2x} = 41°40' \pm 90°k$$

и выражаются формулами:

$$\left|M_{2y}\right|_{\max} = 1{,}5595 m_j R\omega^2\lambda a;$$

$$\left|M_{2x}\right|_{\max} = 1{,}5385 m_j R\omega^2\lambda a.$$

Данные выводы подтверждаются результатами прямого численного суммирования на ЭВМ слагаемых по формулам (6) и (7) (рис. 10).

Полного уравновешивания каждого из моментов M_{2y} и M_{2x} можно достичь с помощью четырех противовесов, установленных на двух дополнительных валах, вращающихся в противоположных направлениях с угловыми скоростями 2ω и −2ω (рис. 11). Противовесы, уравновешивающие момент M_{2y}, одинаковой массы $m_{пр2y(2\omega)}$ и $m_{пр2y(-2\omega)}$, должны быть установлены так, чтобы при повороте 1-го колена вала на угол 86°40′ они находились в двух плоскостях, параллельных плоскости осей *У*. Момент, создаваемый парой противовесов, установленных на каждом из этих валов, должен составлять по модулю половину максимального уравновешиваемого момента:

$$M_{пр2y(2\omega)} = M_{пр2y(-2\omega)} = 0{,}5\left|M_{2y}\right|_{\max} =$$
$$= 0{,}7798 m_j R\omega^2\lambda a.$$

Противовесы на другой паре валов, одинаковой массы $m_{пр2x(2\omega)}$ и $m_{пр2x(-2\omega)}$, надо установить так, чтобы при повороте 1-го колена на угол 41°40′ они располагались в двух плоскостях, параллельных плоскости осей *X*. Противовесы, принадлежащие каждому из этих валов, должны, очевидно, создавать момент:

$$M_{пр2x(2\omega)} = M_{пр2x(-2\omega)} = 0{,}5\left|M_{2x}\right|_{\max} =$$
$$= 0{,}7692 m_j R\omega^2\lambda a.$$

Как и для моментов от сил инерции 1-го порядка, количество валов и противовесов можно сократить вдвое, разместив уравновешивающие массы, вращающиеся в одинаковую сторону, на одном валу и заменив их попарно общими массами, эквивалентными им по уравновешивающему действию (рис. 12).

Положение таких "объединенных" противовесов и их массы найдем, как и для 1-го порядка, выполняя векторное сложение моментов, создаваемых заменяемыми противовесами. Массы $m_{пр2(2\omega)}$ "объединенных" противовесов, вращающихся с угловой скоростью 2ω, должны создавать момент:

$$\overrightarrow{M}_{пр2(2\omega)} = \overrightarrow{M}_{пр2x(2\omega)} + \overrightarrow{M}_{пр2y(2\omega)},$$

а массы $m_{пр2(-2\omega)}$ противовесов, вращающихся с той же скоростью в противоположную сторону, момент:

$$\overrightarrow{M}_{пр2(-2\omega)} = \overrightarrow{M}_{пр2x(-2\omega)} + \overrightarrow{M}_{пр2y(-2\omega)}.$$

Как следует из рис. 12, моменты, создаваемые противовесами, перенесенными на общий вал, действуют в одной плоскости. Учитывая это об-

стоятельство, векторное сложение моментов заменим алгебраическим:

$$M_{\text{пр}2(2\omega)} = M_{\text{пр}2x(2\omega)} + M_{\text{пр}2y(2\omega)} = \\ = 1,549 m_j R\omega^2 \lambda a;$$

$$M_{\text{пр}2(-2\omega)} = M_{\text{пр}2x(-2\omega)} - M_{\text{пр}2y(-2\omega)} = \\ = 0,0105 m_j R\omega^2 \lambda a.$$

При $\varphi = 0$ момент $M_{\text{пр}2(2\omega)}$, как и его составляющие $M_{\text{пр}2x(2\omega)}$ и $M_{\text{пр}2y(2\omega)}$, действует в плоскости, отстоящей от оси *У* по ходу часовой стрелки на угол 6°40′, от направления оси первого цилиндра — на угол 50°10′, от положения первого кривошипа в ВМТ — на угол 53°30′.

Момент $M_{\text{пр}2(-2\omega)}$ при $\varphi = 0$ действует в плоскости, отстоящей от оси *У* против хода часовой стрелки на угол 6°40′, от направления оси первого цилиндра — на угол 143°10′, от положения первого кривошипа в ВМТ — на угол 139°50′.

Принимая расстояние между плоскостями вращения противовесов на обоих валах одинаковым и обозначая его b_2, найдем массы противовесов из равенств:

$$M_{\text{пр}2(2\omega)} = m_{\text{пр}2(2\omega)} \rho_{\text{пр}2(2\omega)} (2\omega)^2 b_2;$$

$$M_{\text{пр}2(-2\omega)} = m_{\text{пр}2(-2\omega)} \rho_{\text{пр}2(-2\omega)} (2\omega)^2 b_2,$$

где $\rho_{\text{пр}2}$ — расстояние от центра тяжести противовеса до оси вращения соответствующего вала.

Учитывая значения $M_{\text{пр}2(2\omega)}$ и $m_{\text{пр}2(-2\omega)}$, получим:

$$m_{\text{пр}2(2\omega)} = 0,3872 m_j \frac{R\lambda}{\rho_{\text{пр}2(2\omega)}} \frac{a}{b_2};$$

$$m_{\text{пр}2(-2\omega)} = 0,002625 m_j \frac{R\lambda}{\rho_{\text{пр}2(-2\omega)}} \frac{a}{b_2}.$$

Массы "объединенных" противовесов, как и уравновешиваемые ими моменты сил инерции второго порядка, отличаются друг от друга почти в 150 раз.

При длине дополнительных валов, равной примерно половине длины двигателя, и радиусе вращения "объединенных" противовесов, равном приблизительно четверти радиуса кривошипа, большая из этих масс ($m_{\text{пр}2(2\omega)}$) составляет около 15 % массы m_j, совершающей возвратно-поступательное движение в одном цилиндре двигателя. Соответственно, меньшая из этих масс ($m_{\text{пр}2(-2\omega)}$) составляет всего около 0,1 % массы m_j, и ею, следовательно, можно пренебречь, оставив для уравновешивания момента сил инерции второго порядка только вал, вращающийся в сторону вращения коленчатого вала.

Используя формулы (8), можно, как и для моментов сил инерции первого порядка, найти значения амплитуд *A*, *B*, *D* и *E* в уравнениях моментов сил инерции второго порядка для любых заданных значений λ, *K*, $\gamma_ц$ и $\gamma_{цw}$. Это решает задачу о массах противовесов, уравновешивающих данные моменты, и их расположении на дополнительных валах для любых выбранных значений указанных параметров.

Проведенный анализ показывает, что для уравновешивания продольных моментов всех сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс в двигателе W12 ($\gamma_ц = 15°$; $\gamma_{цw} = 72°$; $\lambda = 0,283$; $K = 0,263$) достаточно двух дополнительных валов с противовесами, вращающимися с угловыми скоростями соответственно $-\omega$ и 2ω, при использовании коленчатого вала в качестве третьего уравновешивающего вала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Вальехо Мальдонадо П. Р., Руновский К. С., Чайнов Н. Д.** Уравновешивание 6-цилиндрового четырехтактного двигателя типа VR с углом развала цилиндров 15° и дезаксиальным кривошипно-шатунным механизмом // Грузовик. — 2016. — № 5. — С. 3—13.
2. **Конструирование двигателей внутреннего сгорания**: Учебник для студентов вузов / Н. Д. Чайнов, Н. А. Иващенко, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков; Под ред. Н. Д. Чайнова. — М.: Машиностроение, 2010. — 496 с.
3. **Кинематический и динамический расчеты** кривошипно-шатунного механизма с прицепным шатуном V-образного двигателя внутреннего сгорания с применением программы mathcad: Учебно-методическое пособие для выполнения практических и лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов / П. Р. Вальехо Мальдонадо, Д. К. Гришин, Н. Д. Чайнов. — М.: МГМУ "МАМИ", 2012. — 120 с.
4. **Двигатели внутреннего сгорания.** В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование: учебник / В. Н. Луканин, И. В. Алексеев и др.; под. ред. В. Н. Луканина. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2005. — 400 с.

УДК 629.113.004.67

А. С. Денисов, д-р техн. наук, e-mail:denisov0307@yandex.ru, **А. Р. Асоян,** д-р техн. наук, e-mail: asoyan.ar@mail.ru, **А. О. Носов,** канд. техн. наук, **А. М. Биниязов,** аспирант, СГТУ имени Гагарина Ю. А.

ЗАВИСИМОСТЬ РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ОТ УРОВНЯ МАСЛА В КАРТЕРЕ

Для надежной работы двигателя необходимо обеспечение потребного количества масла и давления в системе смазки. При снижении уровня масла в картере двигателя кроме повышения температуры масла увеличивается вероятность прерывания подачи его в систему и образования граничных условий смазки в парах трения. При повышении уровня (объема) масла в картере выше V_{max} начинает изменяться режим подачи масла к парам трения, проявляющийся во вспенивании все большего объема масла. Вследствие повышения вспениваемости масла нарушается ламинарный режим поступления его к парам трения.

Это вызывает соответствующее возрастание интенсивности изменения технического состояния двигателя. Предложенные в работе решения позволяют установить оптимальный режим обеспечения уровня масла.

Ключевые слова: *силовой агрегат, оптимальный уровень масла, срок службы масла, периодичность замены, ресурс двигателя, интенсивность изнашивания деталей, регулятор уровня моторного масла.*

For reliable operation of the power unit, it is necessary to ensure the required amount of oil and pressure in the lubrication system. With a decrease in the oil level in the crankcase of the engine, in addition to increasing the oil temperature, the probability of interruption of its feeding into the system and the formation of boundary lubrication conditions in friction pairs increases. When the level (volume) of the oil in the crankcase rises above Vmax, the mode of oil supply to friction pairs begins to change, which manifests itself in the foaming of an increasing volume of oil. Owing to the increase in the foaming capacity of the oil, the laminar regime of its introduction to friction pairs is violated. This causes a corresponding increase in the intensity of the change in the technical state of the engine.

The solutions proposed in the work allow us to establish the optimal regime for topping up the oil.

Keywords: *power unit, optimal oil level, oil service life, replacement frequency, engine life, wear rate of parts, engine oil level regulator.*

Количество циркулирующего в ДВС масла (м^3/ч) определяется формулой [1]:

$$V_{ц} = K\frac{Q_{м}}{\rho_{м}C_{м}\Delta t_{м}}, \quad (1)$$

где $\rho_{м}$ — плотность моторного масла ($\rho_{м}$ = 880—900 кг/м^3); $C_{м}$ — теплоемкость масла ($C_{м}$ = = 2 КДж/кг°К); $\Delta t_{м}$ — нагрев масла ($\Delta t_{м}$ = 10—15 °К); K — коэффициент запаса: для бензиновых ДВС K = 1, для дизельных ДВС K = 2,5—3.

При работе двигателя часть масла расходуется из системы смазки (вследствие выгорания, утечек и др.). Поэтому для надежной работы в течение длительного времени и обеспечения требуемого запаса хода транспортного средства потребное количество масла в системе смазки м^3/ч равно:

$$V_{д}(2-3,5)V_{ц}. \quad (2)$$

Тогда для дизельных ДВС:

$$V_{д} = (55-65)V\cdot 10^{-3}N_{e}. \quad (3)$$

Расчеты по этим формулам показывают, что для базового двигателя КАМАЗ-740 мощностью 215 л. с. $V_{д}$ составляет 14 м^3/ч, а для двигателя КАМАЗ-ЕВРО мощностью 420 л. с. — 27 м^3/ч.

С учетом этих значений и производительности масляных насосов двигателей КАМАЗ-740 — 5,1 м^3/ч и КАМАЗ-ЕВРО — 9 м^3/ч, оборачиваемость объема масла составит соответственно 182 и 265 раза за час (таблица).

Следовательно, при одинаковом объеме смазочной системы в соответствии с формулой (1) увеличится прирост температуры масла. Это приводит к интенсификации процесса старения масла и требует применения на форсированных турбонаддувом двигателях других масел группы Д.

Соотношение параметров смазочных систем двигателей КАМАЗ

Параметры	Базовый	Форсированный	Отношение (ф/б)
Мощность, л. с.	215	420	1,953
Производительность масляного насоса, $м^3/ч$	5,1	9,0	1,764
Оборачиваемость объема масла, раз/ч	182	265	1,46
Объем смазочной системы, л	28	34	1,214

Таким образом, оптимальный уровень масла в смазочной системе двигателя определяется видом масла, производительностью масляного насоса, мощностью двигателя и режимами его работы.

Рассмотрим влияние объема масла в смазочной системе на температуру масла. Из формулы (1) следует:

$$\Delta t_м = \frac{KQ_м}{\rho_м C_м V_ц}. \quad (4)$$

То есть прирост температуры обратно пропорционален объему масла, что в общем виде можно записать:

$$\Delta t_м = \frac{a}{V_ц}, \quad (5)$$

где a — константа, учитывающая конструктивные и режимные параметры:

$$a = \frac{KQ_м}{\rho_м C_м}. \quad (6)$$

Таким образом, температура масла при неизменных параметрах теплообменника обратно пропорциональна объему масла в смазочной системе.

Ресурс двигателя определяется интенсивностью изнашивания деталей в основном шатунно-кривошипной и цилиндропоршневой групп. Зависимость интенсивности изнашивания от температуры масла в рабочем диапазоне 80—140 °С можно принять линейной [2]:

$$\alpha = \alpha_0 + ct_м, \quad (7)$$

где α_0 — интенсивность изнашивания при $t_м = 0$; c — коэффициент пропорциональности.

С учетом зависимостей (5) и (7) получим:

$$\alpha = \alpha_0 + \frac{d}{V_ц}, \quad (8)$$

где d — константа:

$$d = c\alpha. \quad (9)$$

Срок службы масла (периодичность замены) определяется интенсивностью старения, то есть интенсивностью (или скоростью) снижения концентрации присадок. Скорость большинства реакций увеличивается с ростом температуры. Для количественного описания температурных эффектов в химической кинетике используется уравнение Аррениуса [3]:

$$\alpha(T) = A\exp\left(-\frac{E_а}{RT}\right), \quad (10)$$

где R — универсальная газовая постоянная; A — множитель, определяемый природой реакции; $E_а$ — энергия активации; T — абсолютная температура, °К.

С учетом уравнений (1) и (10) для $\alpha(T)$ запишем:

$$\alpha(T) = A\exp\left(-\frac{E_а V}{R\alpha}\right), \quad (11)$$

Характер зависимости показан на рис. 1.

Температура масла является основным, но не единственным параметром, определяющим ресурс как двигателя, так и масла. Большое влияние на эти показатели надежности оказывает режим подачи масла к узлам трения.

При снижении уровня масла в картере двигателя кроме повышения температуры масла увеличивается вероятность прерывания подачи его в систему и попадания воздуха, то есть вспенивания. Это ведет к нарушению гидродинамического режима смазки узлов трения, особенно подшипников коленчатого вала и турбокомпрессора и к снижению их ресурса. В общем виде с учетом этого зависимость интенсивности изнашивания

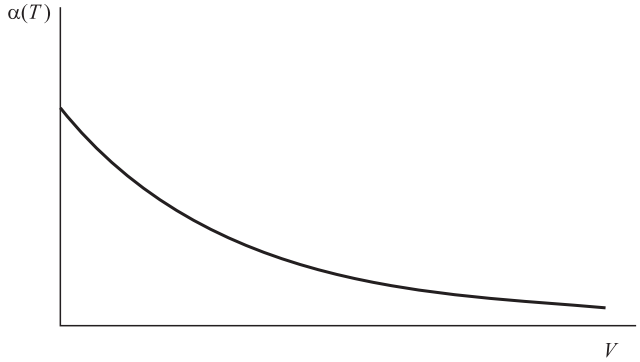

Рис. 1. Характер зависимости интенсивности старения от объема масла

деталей узлов трения от объема (уровня) масла можно записать:

$$\alpha = \alpha_0 - cV, \qquad (12)$$

где α_0 — интенсивность изнашивания при верхней метке на маслоизмерительном щупе; c — коэффициент пропорциональности.

Область определения данной функции снизу ограничивается минимальным объемом $V_{\min}$, при котором начинается режим прерывания масляного потока или режим масляного голодания. Величина эта носит вероятностный характер, так как определяется режимами работы двигателя и автомобиля (ускорение, замедление, крен и уклоны дороги).

Область определения данной функции сверху ограничивается максимальным объемом $V_{\max}$, при котором начинается режим прерывания масляного потока вследствие вспенивания при касании поверхности масла в картере и противовесов коленчатого вала.

При повышении уровня (объема) масла в картере выше $V_{\max}$ начинает изменяться режим подачи масла к парам трения, проявляющийся во вспенивании все большего объема масла и в образовании масляного тумана. Эти процессы носят вероятностный характер, во многом определяемый временем вспенивания определенного объема масла. Степень вспениваемости масла возрастает с повышением уровня выше $V_{\max}$ так же, как и вероятность попадания в маслозаборник вспененного масла (размер и концентрация пузырьков воздуха показаны на рис. 2).

Вследствие повышения вспениваемости масла нарушается ламинарный режим поступления его к парам трения. Поток масла становится турбулентным, что сокращает его расход через пары трения и повышает интенсивность изнашивания. Зависимость интенсивности изнашивания от объема масла в этой области определения функции носит нелинейный характер, так как вероятность пузырьков воздуха и их размер увеличиваются по мере повышения уровня масла в картере. Поэтому характер зависимости α от V можно принять экспоненциальным.

$$\alpha = \alpha_0 e^{fV}, \qquad (13)$$

где α_0 — интенсивность изнашивания при объеме масла по верхней метке щупа; f — экспериментальный коэффициент.

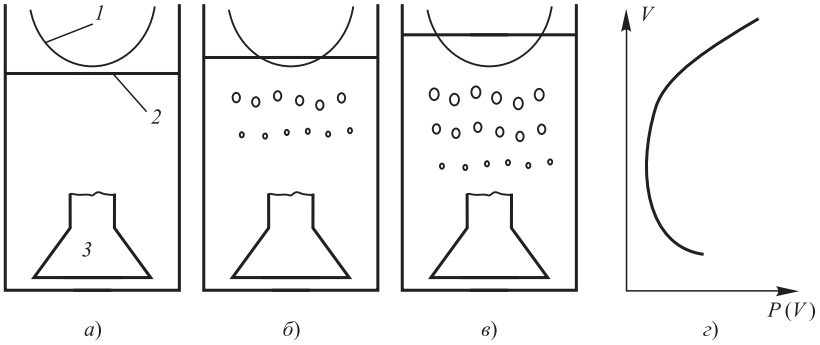

Рис. 2. Схема влияния уровня масла в картере двигателя на его вспениваемость:

1 — траектория движения противовеса КВ; *2* — уровень масла; *3* — уровень маслозаборника; *а* — при отсутствии контакта противовесов с маслом; *б* — при малом контакте противовесов с маслом; *в* — при большом контакте; *г* — вероятность наличия пузырьков воздуха в масле

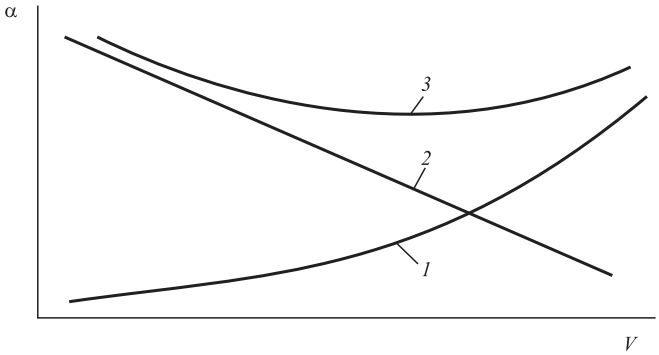

Рис. 3. Зависимость интенсивности изнашивания от объема вследствие:

1 — вспенивания; *2* — снижения температуры; *3* — итоговый показатель

Итоговая зависимость интенсивности изнашивания от объема масла в картере представляет сумму функций (12) и (13) (рис. 3):

$$\alpha_\Sigma = \alpha_0 - cV + \alpha e^{fV}. \qquad (14)$$

Вследствие вспенивания масла повышается площадь контакта с воздухом (пузырьки), что ведет к повышению окисления (старения) масла. Зависимость эту можно принять экспоненциальной, так как вероятность роста плотности пузырьков с ростом объема масла возрастает по кумулятивной зависимости:

$$\alpha(T)_2 = A_2 \exp(BV), \qquad (15)$$

где B — экспериментальный параметр.

Итоговая зависимость интенсивности старения масла представляет собой сумму двух экспонент (10) и (15) (рис. 4):

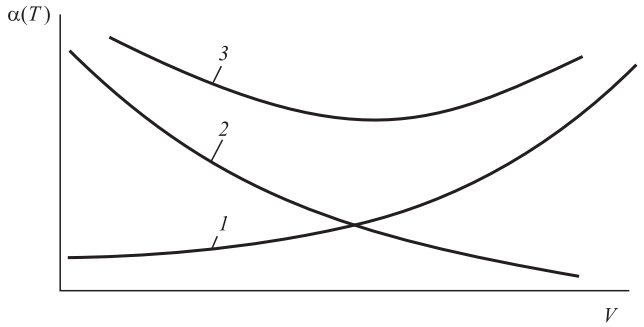

Рис. 4. Зависимость интенсивности старения масла от его объема в картере:

1 — вследствие вспенивания; *2* — вследствие снижения температуры; *3* — итоговый показатель

$$\alpha(T)_{\Sigma} = A_1 \exp\left(-\frac{E_a V}{R_\alpha}\right) + A_2 \exp(BV). \quad (16)$$

Для определения экстремума этих функций найдем их производные и приравняем к нулю:

$$\alpha'_{\Sigma} = -c + \frac{\alpha_0}{f} e^{fV} = 0; \quad (17)$$

$$\alpha'(T)_{\Sigma} = -A_1 \frac{k\alpha}{E_a} \exp\left(-\frac{E_a V}{R_\alpha}\right) + A_2 \frac{1}{B} \exp(BV) = 0. \quad (18)$$

Поскольку полученные аналитические зависимости носят сложный вероятностный характер, то их для практических целей целесообразно аппроксимировать полиномом второй степени:

$$y = a + bV + cV^2, \quad (19)$$

где a, b, c — экспериментальные параметры, определяемые методом наименьших квадратов.

На эффективность профилактики смазочной системы кроме оптимальной периодичности замены моторного масла существенно влияет режим долива масла для компенсации его угара. Долив масла повышает общий уровень щелочной. Трехкратный долив масла еще значительнее повышает концентрацию щелочной присадки.

Однако повышение количества доливов вызывает дополнительные трудности эксплуатационного характера: повышаются потери линейного времени, повышается вероятность внесения дополнительных загрязнений, пересортицы масла. Кроме того, при редких, но больших по объему доливах увеличивается относительное время работы двигателя с уровнем масла ниже и выше соответствующих меток на маслоизмерительном щупе. При работе с низким уровнем масла в картере ухудшается непрерывность подачи масла, что особенно сказывается на надежности шатунных подшипников. При работе с повышенным уровнем масла появляется вспениваемость, что также ухудшает условия смазки деталей и повышает утечки через сальники.

При значениях расхода масла на угар 1 % расхода топлива весь объем картера двигателя 32 л будет израсходован через 8000 км. Долив масла через 1000 км позволяет продлить пробег до замены масла до 16—20 тыс. км.

На величину доливаемого масла влияет множество причин субъективного и объективного характера: квалификация и характер водителя, стабильность поставок масла (по времени и ассортименту), уровень контроля качества профилактики смазочной системы и другие. Поэтому для снижения негативного воздействия указанных факторов целесообразно использовать автоматическое устройство — регулятор уровня моторного масла (РУМ) в картере двигателя.

После обоснования математических моделей для реальной оценки состояния моторного масла в процессе эксплуатации определяли их параметры по экспериментальным данным. Для этого разработаны соответствующие методики эксплуатационных исследований.

Для экспериментальной оценки изменения показателей состояния моторного масла в процессе эксплуатации в Управлении технологического транспорта ОАО "Югтрансгаз" было организовано наблюдение за 28 автомобилями КАМАЗ-ЕВРО в течение трех лет. Анализ проб масла проводили на 28 автомобилях через 2 тыс. км пробега масла. Всего было проанализировано более 180 проб масла объемом 1,5 л каждая.

Использовали масло Shell Rimula R3 X SAE 15W40, которое является аналогом масла М10Д (м) по ГОСТ 8581. При анализе проб масла определяли: кинематическую вязкость, сСт, температуру вспышки в открытом тигле, °С, загрязненность, $см^{-1}$, щелочное число, мг КОН/г масла, плотность при 20 °С, $г/дм^3$, массовая доля воды, %. Параметры определяли по общепринятой в лаборатории методике.

Для оценки влияния объема долива весь объем выборки наблюдаемых автомобилей (28 единиц) был разделен на четыре группы в зависимости от среднего объема долива масла. В первой группе объем доливаемого масла: за один раз был от 1,5 до 3,5 л; во второй раз — от 3,5 до 5,5 л; в третий раз — от 5,5 до 7,5 л; в четвертый раз — от 7,5 до

10 л. В каждой группе фиксировали среднюю за рейс температуру масла в картере и давление в смазочной системе. Для измерения температуры использовали термометр, который устанавливали на место маслоизмерительного щупа. Давление масла определяли по манометру на щитке приборов автомобиля. Температура масла свидетельствует о его объеме и аэрации. Снижение давления масла за период наблюдений (три года) во многом обусловлено износом деталей, особенно подшипников коленчатого вала. Интенсивность старения масла прямо пропорциональна температуре, поэтому с ростом объема доливаемого масла она также будет возрастать.

Полученные зависимости показателей состояния масла от наработки позволили определить интенсивность старения масла. Зависимость температуры масла и снижения давления приведены на рис. 5—7. Как было показано ранее и недолив

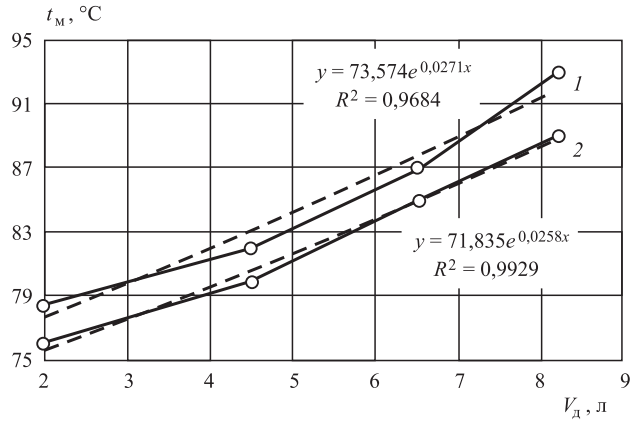

Рис. 5. Зависимость температуры масла в картере двигателя от объема разового долива:
1 — летом; *2* — зимой

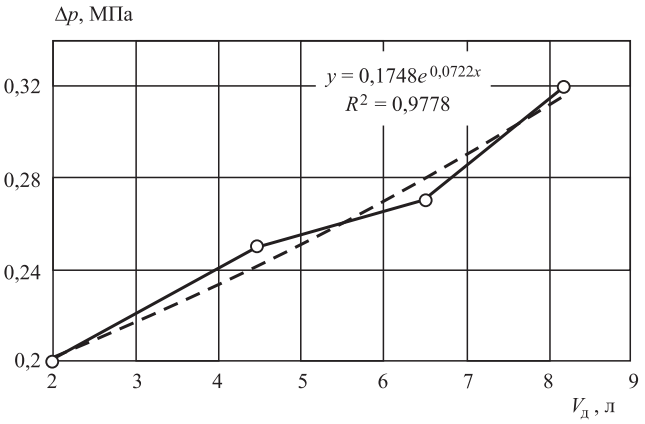

Рис. 6. Зависимость снижения давления в смазочной системе двигателя за три года эксплуатации от объема разового долива масла

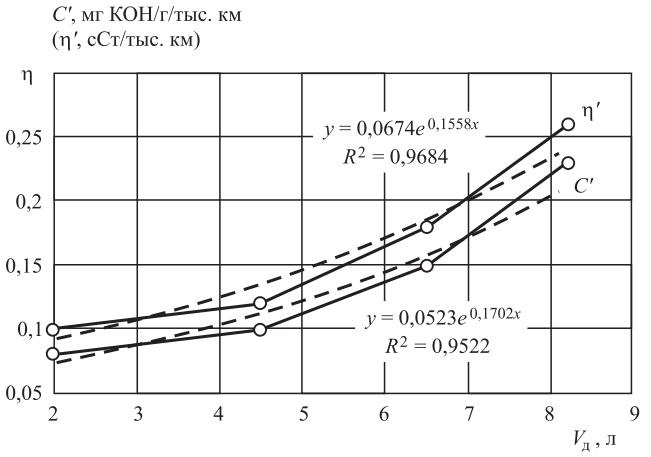

Рис. 7. Зависимость интенсивности снижения вязкости η и щелочности *C* масла от объема разового долива масла

(низкий уровень масла в картере), так и перелив (высокий уровень масла в картере) повышают интенсивность изнашивания деталей.

Из рис. 7 видим, что при реальных режимах долива масла температура масла изменяется на 13—14 °C или на 15—16 %. Это вызывает возрастание интенсивности изменения технического состояния двигателя (по изменению давления в смазочной системе — на 40—44 %) и интенсивности старения масла — на 75—80 %. Основная рекомендация данного исследования — это поддержание оптимального уровня масла в картере благодаря режиму долива. При этом необходимо учитывать нелинейную связь объема масла и уровня его по щупу. Полученные зависимости позволяют установить оптимальный режим долива масла: объем и периодичность.

С учетом приведенных факторов при сложившейся доходной ставке по автомобилям КАМАЗ-ЕВРО 20 руб./км были определены удельные затраты на долив масла и на устранение отказов по причине смазочной системы, которые приведены на рис. 8.

Обработка данных суммарных удельных затрат по полиному второй степени и расчет оптимального значения периодичности долива по производной, равной нулю, показала, что оптимальная наработка до долива масла составляет 1 тыс. км. То есть за срок службы масла целесообразно 17 раз доливать масло объемом 1,8—2 л.

При этом режиме долива, судя по приведенным данным, будут минимальными: температура масла в картере, интенсивность изменения технического состояния двигателя и интенсивность старения масла. Следовательно, при этих условиях долива будут максимальными ресурс двигателя и срок службы масла.

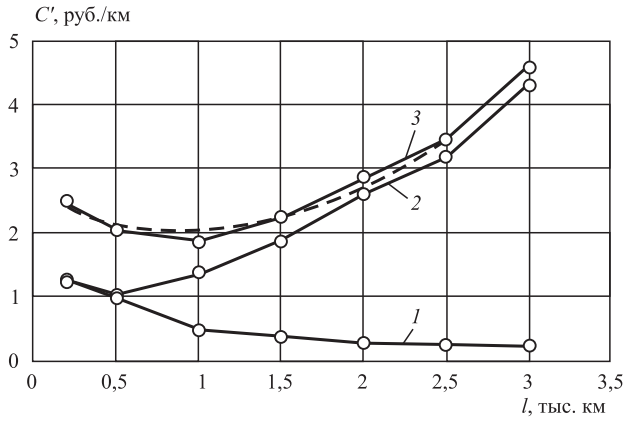

Рис. 8. Зависимость удельных затрат на долив масла:
1 — на текущий ремонт; *2* — суммарных; *3* — от периодичности долива масла

Для обеспечения такого напряженного режима долива масла и предложен регулятор уровня масла (РУМ), который в трех экземплярах установлен на автомобили подконтрольной партии и проходит испытание в опорном хозяйстве. Альтернативой РУМ является долив масла через 1000 км пробега автомобиля не выше верхней метки на щупе.

Для оценки экономического эффекта данного исследования следует сравнить затраты на профилактику смазочной системы двигателей и обеспечение работоспособности двигателей с затратами при предлагаемой усовершенствованной профилактикой смазочной системы.

Одной из составляющих годового экономического эффекта является сокращение затрат благодаря оптимизации долива масла. В настоящее время долив масла осуществляется через 2000 км со средними удельными затратами 2,8 руб./км. При предлагаемой периодичности долива масла через 1000 км удельные затраты составляют 1,9 руб./км. То есть при годовом пробеге автомобиля 60 000 км, годовой экономический эффект составит 54 000 руб. С учетом стоимости РУМ, общий годовой экономический эффект составит 49 500 рублей на один автомобиль КАМАЗ-ЕВРО.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Луканин В. Н., Алексеев И. В., Шатров М. Г.** и др. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн.; Под ред. В. Н. Луканина и М. Г. Шатрова. — 3-е изд., перераб. — М.: Высш. шк., 2007. — 400 с. ISBN 978-5-06-004143-9.
2. **Денисов А. С.** Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. — 352 с.
3. **Денисов А. С., Кулаков А. Т.** Обеспечение надежности автотракторных двигателей. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. — 422 с.

Международные связи

С рабочим визитом на "КАМАЗе" побывали руководители консультационной фирмы Mangold Consulting GmbH Клаус Мангольд и Кристоф Мангольд в сопровождении министра промышленности и торговли Татарстана Альберта Каримова.

Члены делегации посетили завод двигателей и совместное предприятие "КАММИНЗ КАМА", где ознакомились с линией обработки блока цилиндров и линией обработки головки блока цилиндров КАММИНЗ. Кроме того, вниманию гостей был представлен процесс сборки двигателей КАМАЗ и КАММИНЗ. Также делегация побывала на совместных предприятиях "ЦФ КАМА", "КНОРР-БРЕМЗЕ КАМА" и на строительной площадке нового завода по производству каркасов кабин для грузовиков поколения К5.

Одним из пунктов деловой программы стало посещение главного сборочного конвейера и конвейера сборки кабин на автомобильном заводе. После этого на площадке перед Научно-техническим центром состоялась презентация автомобилей нового модельного ряда: КАМАЗ-5490, КАМАЗ-65201, КАМАЗ-65801 и другие. Делегация посетила также центр "КАМАЗ-Автоспорт", где ознакомилась с производством гоночных грузовиков известной команды "КАМАЗ-мастер".

Программа пребывания руководителей фирмы Mangold Consulting GmbH на "КАМАЗе" завершилась переговорами о перспективах сотрудничества, в которых приняли участие генеральный директор автогиганта Сергей Когогин и министр промышленности и торговли Татарстана Альберт Каримов.

Клаус Мангольд высоко оценил уровень международных связей и кооперации, которые получили развитие в последние годы, и отметил, что "КАМАЗ" работает с мировыми лидерами. "Партнерство, которое уже связывает Татарстан и Германию, свидетельствует о высоком уровне отношений, — сказал он. — Однако сегодня важно не упустить время и возможности и придать динамику новым проектам".

Отметив интерес немецких инвесторов к развитию бизнеса в регионе, Клаус Мангольд выразил уверенность в дальнейшем укреплении деловых отношений между "КАМАЗом", Татарстаном и Германией.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 620.1; 621.91:658.56

О. В. Жедь, канд. техн. наук, доцент, **В. В. Копылов,** канд. техн. наук, доцент,
Российский университет дружбы народов (РУДН)
E-mail: zhed_ov@pfur.ru

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ОТВЕРСТИЯ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА НА ЕГО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ СБОРКЕ С БАЗОВОЙ ДЕТАЛЬЮ. ЧАСТЬ 1

Исследуется методом фотомеханики напряженно-деформированное состояние (НДС) нежесткого зубчатого венца, у которого искажена форма отверстия на этапе чистовой обработки вследствие упругих деформаций от сил зажима кулачками самоцентрирующего патрона. По этой причине при посадке венца на базовую деталь с натягом, возникает неравномерное давление на контуре его отверстия, из-за чего формируется предварительное неравномерное НДС в переходных галтелях межзубного пространства, что снижает ресурс зубчатого венца по изгибным напряжениям.

Ключевые слова: *зубчатый венец, фотомеханика, точность формы отверстия, натяг, предварительное неравномерное напряженно-деформированное состояние.*

Investigated by the method of photomechanics, the stress-deformed state (TDS) of a non-rigid gear crown, in which the shape of the hole is distorted during the clean-working process due to elastic deformations from the clamping forces of the cams of the self-centering cartridge. For this reason, when the crown is placed on the base part with interference, there is uneven pressure on the contour of its hole, which causes the formation of a preliminary non-equalized TDS in the transitional fillets of the interdental space, which reduces the service life of the gear crown by flexural stresses.

Keywords: *dentate crown, photomechanics, whole shape accuracy, interference, preliminary uneven stress-strain state.*

(Рисунки на 2-й полосе обложки)

Введение

В практике проектирования изделий машиностроения с использованием аналитических методов расчета не всегда имеется возможность правомерно оценить их напряженно-деформированное состояние (НДС) ввиду сложности задания граничных условий, форм и нагрузочных факторов. Для решения возникающих проблем в условиях моделирования математическими методами на помощь привлекают физическое моделирование. В частности, метод фотомеханики [1] — экспериментальный метод исследования напряжений на прозрачных моделях, изготовленных из оптически чувствительного материала, является совершенным и универсальным методом моделирования НДС элементов конструкций машин.

В работе исследуется на оптических моделях НДС нежесткого зубчатого венца в связи с неравномерным натягом по контуру базового отверстия вследствие неточности его формы, которая образовалась на чистовом этапе механической обработки [2]. Искажение формы отверстия для жестких венцов незначительна и поэтому ограничимся лишь иллюстрацией их фотограмм с эпюрами контурных напряжений отверстия, которые получены при аналогичных условиях нагружения нежестких венцов (рис. 1).

Использование терминов нежесткий и жесткий венцы в данном исследовании достаточно условно, так как модели отличаются только размером отверстия, все остальные геометрические параметры идентичны. Диаметр отверстия жесткого венца составлял d = 20 мм, а у нежесткого d = 32 мм. Для визуальной оценки НДС нежестких и жестких зубчатых венцов на рис. 1 приводятся фотограммы в одинаковом масштабе эпюр контурных напряжений отверстия.

Сравним эпюры контурных напряжений $\sigma_{конт}$ отверстия для наиболее неблагоприятного случая обработки венца в 3-кулачковом патроне при базировании по его внешнему контуру. Выявляем, что суммарная амплитуда напряжений, сжатых и растянутых волокон для нежесткого венца составляет n = 7 полос, а для жесткого венца n = 3,5 полосы, т. е. в 2 раза меньше. В результате механической обработки непосредственно в патроне в зажатом состоянии обеспечивается правильная форма отверстия зубчатого венца. После освобождения венца от сил зажима упругие деформации восстанавливаются и достигнутая при обработке правильная форма отверстия, зеркально искажается в сравнении с вариантом на момент начала обработки.

В работе [2] установлено, что наибольшие искажения формы отверстия нежесткого венца имеют место в случае зажима в 3-кулачковом патроне при базировании по его внешнему контуру (рис. 1, *в*). Для наглядности сравнительной оценки и удобства расшифровки фотограмм, выполненных физических экспериментов по моделированию напряженного состояния контура отверстия венца от сил зажима при его расточке, развернем кольцевые нежесткие венцы с построенными эпюрами (рис. 1, *а*, *в*) [2] на горизонтальную плоскость системы координат (рис. 2), добавив эпюру жесткого венца (см. рис. 1, *г*).

В варианте базирования по эвольвенте зуба нежесткого венца на контуре его отверстия имеет место 12 нулевых точек. Между точками *1—2*, *3—4*, *5—6*, *7—8*, *9—10*, *11—12* наблюдаются растянутые волокна, а между точками *12—1*, *2—3*, *4—5*, *6—7*, *8—9*, *10—11* — сжатые волокна контура отверстия венца. Для варианта базирования по внешнему контуру как нежесткого, так и жесткого венца, имеет место только 6 нулевых точек на контуре отверстия и, в сравниваемом варианте различающихся жесткостей венцов, эти точки не совмещены. На рис. 2 для жесткого венца нулевые точки (*1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*) визуализированы курсивом и расположены выше контура отверстия венца, в то время как для нежесткого венца нулевые точки (*2*, *4*, *6*, *8*, *10*, *12*) расположены ниже контура отверстия.

Угловой шаг нежесткого венца на участке сжатых волокон между точками *2—4*, *6—8*, *10—12* составляет 80°. Для жесткого венца угловой шаг аналогичных нулевых точек *1—2*, *3—4*, *5—6* составляет 90°. На участке растянутых волокон нежесткого венца между точками *4—6*, *8—10*, *12—2* угловой шаг составляет 40°, или ±20° относительно вектора силы зажима венца в 3-кулачковом патроне, в то время как на участке растянутых волокон жесткого венца между точками *2—3*, *4—5*, *6—1* угловой шаг составляет 30°, или ±15° относительно вектора силы зажима венца в 3-кулачковом патроне. Здесь наблюдается смещение нулевых точек на контуре отверстия венца в случае изменения его жесткости.

Так, для жестких венцов угловой шаг растянутых волокон уменьшается при одновременном его увеличении на аналогичную величину углового шага сжатых волокон. На основании приведенных эпюр, полученных в результате обработки экспериментальных данных физических экспериментов, выполненного сравнительного анализа влияния схем базирования и жесткостей зубчатых венцов, можно утверждать, что при большем количестве нулевых точек на контуре отверстия в варианте базирования по эвольвенте зуба (12 точек), суммарный радиальный ход контурных напряжений меньше, чем для варианта базирования по внешнему контуру венца (6 точек). При базировании по внешнему контуру для нежестких венцов суммарные напряжения $\pm\sigma_1$ в 2 раза больше, чем при базировании по эвольвенте зуба нежесткого венца, а в сравнении с жестким венцом в 3,6 раза больше. По этой причине в дальнейшем изложении приводятся результаты физического эксперимента при зажиме нежесткого венца в 3-кулачковом патроне и базировании по его внешнему контуру.

По черно-белым фотограммам (см. рис. 1) выполнялся подсчет полос и количественная оценка напряженного состояния модели венца в целом. Строились эпюры главных напряжений $\pm\sigma_1$ на контуре отверстия венца от сил зажима в 3-кулачковом патроне до начала его обработки. Зоны растяжения и сжатия на эпюрах помечены соответственно символами (+) и (−). Для построения эпюр главных напряжений на соответствующем участке контура отверстия определялись порядки полос и, в выбранном масштабе полосы *n,* строились эпюры контурных напряжений. Полученные эпюры в полосах *n* можно перевести в размерность напряжений по соотношению: $\sigma^{+(-)}_{\text{конст}} = \sigma^t_0 n$, где $\sigma^{+(-)}_{\text{конст}}$ — растягивающее или сжимающее нормальное главное напряжение на контуре отверстия венца; σ^t_0 — цена полосы модели из тарировки ее материала в МПа или в кгс/см^2.

Обратим внимание, что в методе фотомеханики наиболее удобно произвольно выбирать масштабы геометрического и силового подобия исходя из физико-механических свойств материала моделей и условий решаемой задачи. Геометрический масштаб исследуемых моделей зубчатого венца был выбран с учетом размеров светового поля установки ППУ-7, чтобы можно было одновременно фотографировать всю поверхность напряженной модели венца. Также было соблюдено силовое подобие по месту приложения, направлению и величине сил с учетом прочностных свойств материала модели. Следовательно, результаты эксперимента можно переносить на натурный объект, то есть на реальный зубчатый венец, изготовленный, например, из стали с учетом этих двух коэффициентов подобия. В работе моделируется НДС нежесткого зубчатого венца, имеющего правильную и неправильную форму отверстия, приобретенную вследствие упругих деформаций от сил зажима на этапе чистовой его расточки. Присвоим модели венца, имеющего правильную форму отверстия № 1, а модели венца с неправильной (искаженной) формой № 2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кошеленко А. С., Позняк Г. Г.** Теоретические основы и практика фотомеханики в машиностроении. — М.: Издательский дом "Граница", 2004. — 296 с.
2. **Рогов В. А., Кошеленко А. С., Жедь О. В., Хишова Е. С.** Исследование методом фотомеханики напряженно-деформированного состояния зубчатого венца от сил зажима в самоцентрирующем патроне на этапах механической обработки // Грузовик. — 2016. — № 2. С. 19—22.

УДК 621.89.017

А. В. Пыдрин, аспирант, e-mail: pydrin89@mail.ru, **И. А. Посунько,** аспирант, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: avtokon93@yandex.ru,
А. Б. Лагузин, аспирант, ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ", e-mail: avtokon56@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИМЕНЕНИЕМ МАСЛОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК

Рассмотрено влияние добавки полифункциональной присадки на свойства полусинтетических моторных масел. Экспериментально доказано изменение основных физико-химических и эксплуатационных свойств масел таких, как трибологические свойства, зольность, экологические свойства двигателя. Показан механизм действия разработанной присадки к моторному маслу, влияние ее на формирование поверхности трения.

Ключевые слова: *трибосопряжение, трение, износ, моторное масло, двигатель, присадка, поверхностно-активные вещества.*

The influence of additives polyfunctionally additives on the properties of semi-synthetic motor oils. Experimentally proved the change of basic physico-chemical and operational properties of oils, such as tribological properties, ash content, the ecological properties of the engine. The mechanism of action developed additive for motor oil, its influence on the formation of friction surface.

Keywords: *tribocorrosion, friction, wear, engine oil, engine additive, a surfactant.*

На сегодняшний день актуальной проблемой в области химмотологии является проблема повышения надежности силовых установок, так как ресурс техники, как правило, и определяется ресурсом силовой установки [1]. Перспективным направлением в решении данного вопроса является применение многофункциональных присадок к моторному маслу с целью снижения величины и стабилизации условий трения, уменьшения коррозионно-механического износа.

В качестве такого рода присадок могут применяться различные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Эти вещества способны изменять поверхностную энергию, значительно влияя на различные процессы, протекающие на границе раздела фаз. К таким веществам относятся бораты этаноламидов карбоновых кислот. Эти вещества зарекомендовали себя как ПАВ, имеющие широкий спектр применения, в том числе и в качестве присадок к моторным и трансмиссионным маслам [2—4]. В данной статье рассмотрена эффективность применения в качестве присадки к моторным маслам ингибитора коррозии ИК-1 [5, 10]. Структура данного вещества представлена на рис. 1.

Для сравнительных испытаний предлагаемой присадки были использованы составы с различным временем наработки в двигателе на основе моторного масла MANOL, а также составы с применением ингибитора коррозии АКОР-1. В результате были получены и испытаны следующие составы:

1) состав № 1 — масло MANOL TS-5;
2) состав № 2 — масло MANOL TS-5 + 10 % ИК-1;
3) состав № 3 — масло MANOL TS-5 + 10 % АКОР-1;
4) состав № 4 — масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов;

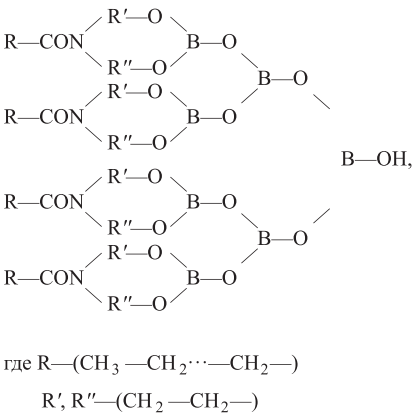

Рис. 1. Структурная формула присадки ИК-1

5) состав № 5 — масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов + 10 % ИК-1;

6) состав № 6 — масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов + 10 % АКОР-1;

7) состав № 7 — масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов;

8) состав № 8 — масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов + 10 % ИК-1;

9) состав № 9 — масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов + 10 % АКОР-1.

Первый этап испытаний заключался в исследовании трибологических свойств разработанных составов. Испытания проводились на машине трения ИИ5018 по схеме "диск—колодка". Диск изготовлен из стали 40 ГОСТ 1050—88, колодка из чугуна марки СЧ 21 ГОСТ 1412—85. Параметры испытания: время испытания t = 30 мин, сила прижима образцов P = 2000 Н, частота вращения вала 200 мин$^{-1}$, что соответствует скорости 0,52 м/с. Такие параметры были выбраны с целью получения гарантированного результата на всех испытуемых составах. В результате определялись износ колодки и установившийся момент трения [9].

На рис. 2 и 3 показаны результаты, полученные в рамках испытаний. Из представленных данных видно, что наилучшим путем применения в качестве присадки ИК-1 можно добиться значительного снижения износа и момента трения. Так, для масла с наработкой 0 моточасов износ снизился в 2,6 раза, для масла с наработкой 90 моточасов в 1,9 раз и для масла с наработкой 250 моточасов в 1,8 раза. Также момент трения снизился при добавке в масло с наработкой 0 моточасов на 19,6 %, 90 моточасов — на 26,3 %, 250 моточасов — на 28,4 %.

Но для использования вещества в качестве присадки необходимо определение и некоторых других параметров, в частности зольности получившихся составов. Зольность является важным

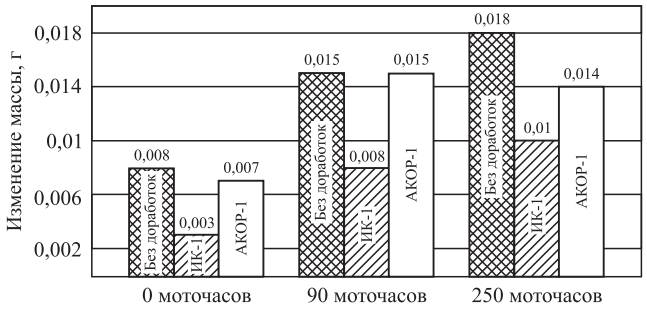

Рис. 2. Изменение массы колодки в процессе испытаний

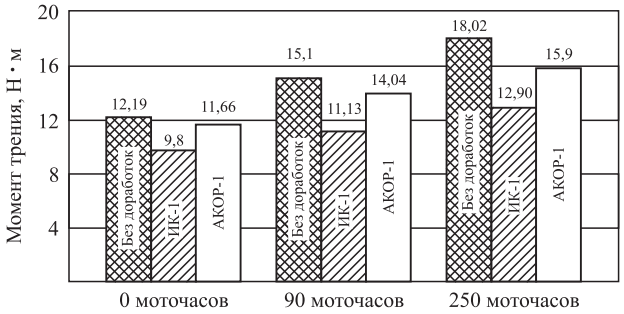

Рис. 3. Изменение установившегося момента трения

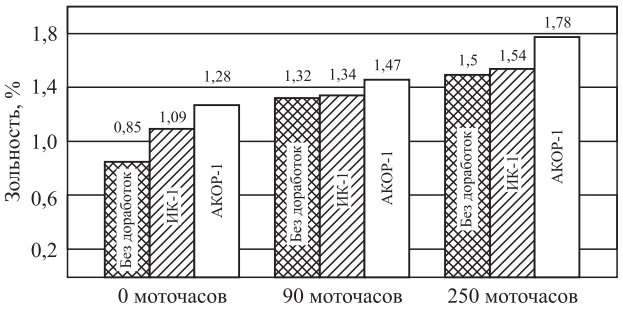

Рис. 4. Зольность разработанных составов

параметром, определяющим склонность масел к образованию нагара и лакоотложению в процессе эксплуатации [6—8]. В данной работе зольность определялась согласно ГОСТ 1461—75. Результаты представлены на рис. 4.

Как видно из приведенных данных, зольность масел при введении в качестве присадки ингибитора ИК-1 увеличивается незначительно, особенно для масел, имеющих наработку 90 и 250 моточасов (0,02 % и 0,04 % соответственно). При добавлении же ингибитора коррозии АКОР-1 происходит более значительное повышение зольности, что может отрицательно сказываться на работе двигателя [11].

Выводы

Испытания показали, что использование ингибитора ИК-1 в качестве присадки к моторному маслу позволяет:

1) снизить износ трибосопряжений от 1,8 до 2,6 раз;

2) уменьшить момент трения от 19,6 % до 28,4 %;

3) зольность при использовании присадки увеличивается незначительно.

Таким образом, серия проведенных испытаний показывает возможность использования предла-

гаемой присадки для улучшения трибологических характеристик моторного масла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кравченко И. Н., Гайдар С. М., Жуков Л. В., Ларин П. Г.** Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации // Фундаментальные исследования. — 2014. — № 3—2. — С. 262—266.
2. **Гайдар С. М., Пыдрин А. В., Карелина М. Ю.** Технология консервации автотракторных дизелей рабоче-консервационным составом // Техника и оборудование для села. — 2014. — № 12. — С. 18—23.
3. **Гайдар С. М., Дмитриевский А. Л., Быков К. В.** Улучшение эксплуатационных характеристик двигателей внутреннего сгорания с применением наноматериалов // Грузовик. — 2012. — № 11. — С. 28—35.
4. **Гайдар С. М.** Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий // Труды ГОСНИТИ. — 2012. — Т. 110. — № 1. — С. 91—95.
5. **Гайдар С. М., Карелина М. Ю., Пыдрин А. В., Петровский Д. И.** Ингибитор коррозии металлов. Пат. 2597442 Российская Федерация: МПК 7C09D127/12. № 2015113929/02. Заявл. 15.04.2016.
6. **Гайдар С. М.** Модификация консистентных смазок с использованием нанотехнологии // Техника в сельском хозяйстве. — 2010. — № 2. — С. 38—40.
7. **Гайдар С. М.** Характеристика и показатели наноматериалов для снижения износа деталей сельхозмашин. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 12. С. 20—22.
8. **Гайдар С. М., Заяц Ю. А., Заяц Т. М., Власов А. О.** Подходы к определению технического состояния транспортных средств // Грузовик. — 2015. — № 5. — С. 27—30.
9. **Гайдар С. М.** Планирование и анализ эксперимента: учебник. — М.: изд-во ФГБНУ "Росинформагротех", 2015. — 548 с.
10. **Кузнецова Е. Г., Князева Л. Г., Прохоренков В. Д., Гайдар С. М.** Консервационные составы на основе водорастворимых ингибиторов коррозии // Наука в центральной России. — 2013. — № 5. — С. 43—47.
11. **Карелина М. Ю., Гайдар С. М.** Исследование эффективности триботехнических препаратов на основе наноматериалов // Грузовик. — 2015. — № 4. — С. 17—29.

Двести КАМАЗов для "ИТЕКО"

Крупная партия автомобилей КАМАЗ-5490 поставлена в адрес логистической компании "ИТЕКО Россия".

Предметом договора стали 200 тягачей КАМАЗ-5490 с полуприцепами на общую сумму в 1,2 млрд руб. Это уже четвертая сделка между российскими компаниями за последние три года. С начала производства "ИТЕКО" закупила уже 400 таких тягачей, что позволяет назвать ее крупнейшим потребителем автомобилей КАМАЗ-5490.

"Поступление новой партии техники позволит нашей компании расширить географию присутствия, — отметил руководитель пресс-службы ООО "ИТЕКО Россия" Александр Аброчнов. — Открываются два новых автотранспортных подразделения в Перми и Новосибирске, после отбора водители-экспедиторы в этих регионах будут работать уже на новых автомобилях".

Магистральный тягач КАМАЗ-5490 был признан лучшим коммерческим автомобилем в России в 2014 г. Он оснащен комфортабельной кабиной Mercedes-Benz из семейства Axor с кондиционером и подогревом сидений, модифицированным камазовским шасси. В качестве силового агрегата использован рядный шестицилиндровый двигатель Mercedes-Benz OM457LA мощностью 428 л. с., отвечающий стандартам Евро 5. Российский тягач в нише магистральных автомобилей имеет более низкую стоимость и эксплуатационные затраты по сравнению с импортными аналогами, в связи с чем пользуется высоким спросом среди транспортных компаний.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 629.113.004

И. К. Данилов, д-р техн. наук, профессор, **И. М. Попова,** канд. эконом. наук, доцент,
СГТУ имени Гагарина Ю. А.
E-mail: danilov@sstu.ru; impopova@mail.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ, РАЗРАБОТКА И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВС

Ресурс автотракторных двигателей во многом определяется техническим состоянием цилиндропоршневой группы. В статье рассмотрены достоинства и недостатки известных способов диагностирования двигателей и предложен более информативный — по температуре в камере сгорания. Рассчитан экономический эффект от внедрения предлагаемого способа диагностирования, который позволит снизить эксплуатационные затраты за весь срок службы.

Ключевые слова: *диагностирование, камера сгорания, температура, износ гильзы, устройство, экономический эффект.*

Resource of autotractor engines is largely determined by the technical condition of the cylinder group. In the article advantages and disadvantages of the known methods of diagnosing the engines, and the method, which more informative at a temperature in the combustion chamber, is proposed. The economic effect from implementation of the proposed method of diagnostics, which will reduce operating costs over the entire service life, was calculated.

Keywords: *diagnosis, combustion chamber temperature, wear liners, device, economic effect.*

Многообразие способов диагностирования цилиндропоршневой группы дизельных ДВС с достоинствами и недостатками представлено в табл. 1. Представленные способы диагностирования учитывают параметры давления в камере сгорания, утечку газов из камеры сгорания, шумы и стуки в цилиндропоршневой группе, состояние моторного масла.

Многими учеными признается факт влияния износа цилиндропоршневой группы на температуру в камере сгорания, но приборной реализации с обоснованием точности и информативности нет. На наш взгляд, необходима разработка способа диагностирования ЦПГ, учитывающего температуру в камере сгорания с разработкой устройства, методики и обоснования структурного и диагностического параметров диагностирования. Проведенные в Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю. А. (СГТУ имени Гагарина Ю. А.) аналитические исследования доказали обоснованность такого подхода. На устройство диагностирования получен патент на полезную модель [1].

Общий вид устройства для диагностирования ЦПГ представлен на рис. 1. Устройство содержит термопару, закрепленную в корпусе форсунки. В качестве корпуса может быть использован корпус штатной форсунки любого дизельного ДВС, что обеспечивает легкосъемное, но герметичное крепление к двигателю. При этом термопара крепится к части корпуса устройства, находящегося в камере сгорания ДВС.

Для выявления информативной частоты вращения коленчатого вала при диагностировании устройством проводили экспериментальные исследования в лабораторных условиях в рабочем диапазоне частот вращения коленчатого вала. Исследования в лабораторных условиях показали, что стабилизация температуры в камере сгорания без воспламенения обеспечивается прогревом ДВС до 90...95 °С на минимальной частоте вращения коленчатого вала. Проводилось исследование изменения температуры в камере сгорания без воспламенения (диагностический параметр) в зависимости от утечек и износов гильз цилиндров в поясе остановки верхнего компрессионного кольца (структурный параметр), результаты приведены в табл. 2.

Блок регистрации включает цифровой преобразователь сигнала от термопары в единицы температуры с точностью отсчета до 0,1 °С. На место форсунки устанавливают устройство диагностирования, введя термопару в камеру сгорания ДВС без соприкосновения с деталями двигателя. При

Таблица 1

Способы диагностирования цилиндропоршневой группы ДВС, их достоинства и недостатки

№ п/п	Способ диагностирования	Достоинства	Недостатки
1	Измерение давления компрессометром	— быстрота; — оценка общего технического состояния; — переносной	— большая погрешность (10%); — при недостаточно заряженной АКБ компрессия на 1...1,5 атм. ниже реальной
2	Измерение расхода картерных газов пневмотестером	— оценка общей работоспособности ЦПГ; — выявляет факт неисправности цилиндра	— утечка газов через сальниковые уплотнения; — влияние вибрации на показания пневмотестера; — необходимость в источнике сжатого воздуха
3	Органолептический	— предварительная оценка технического состояния по стукам, температуре охлаждающей жидкости	— малая информативность; — низкая точность диагноза; — субъективизм
4	Виброакустический	— предварительная оценка технического состояния по шуму в ЦПГ ДВС	— малая информативность; — низкая точность диагноза; — субъективизм
5	Трибодиагностика (анализ продуктов износа в моторном масле спектрометрами)	— точная количественная оценка продуктов износа – химических элементов в моторном масле, характеризующих износ конкретных деталей ДВС	— высокая стоимость; — недостаточная информативность; — высокая трудоемкость; — стационарный
6	Диагностика по температуре в камере сгорания без воспламенения (предлагаемый)	— информативность; — точность способа; — дешевизна и малая трудоемкость; — переносной	— высокая квалификация персонала

Таблица 2

Связь диагностического параметра — температуры в камере сгорания без воспламенения *T*, пробега со структурным износом *S* гильзы цилиндров в поясе остановки верхнего компрессионного кольца, мкм

T, °С	238—242	234—237	228—231	221—224	205—210
L, тыс. км	105	117	141	148	163
S, мкм	98—103	113—115	129—132	143—146	157—160

Рис. 1. Устройство с блоком регистрации для диагностирования ДВС

диагностике прогретый до рабочих температур двигатель КАМАЗ запускают в режиме холостого хода (650 мин$^{-1}$). Установлено, что на прогретом ДВС, в зависимости от износа сопряжения "поршень—кольцо—гильза", воздушно-масляная смесь имеет температуру от 205 до 242 °С.

Результаты теплового расчета без воспламенения рабочей смеси в камере сгорания приведены на гистограмме, приведенной на рис. 2. Первая гистограмма — для ДВС с номинальным значением диагностического параметра; вторая — для ДВС с допустимым значением диагностического параметра; третья — с предельным значением диагностического параметра.

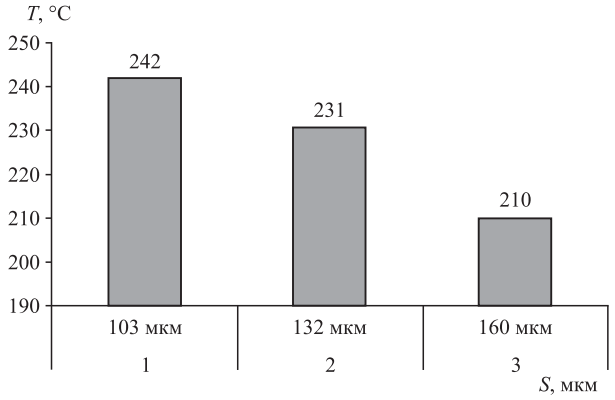

Рис. 2. Изменение температуры в камере сгорания ДВС КАМАЗ-740.11-240 от износа гильзы цилиндров в поясе остановки верхнего компрессионного кольца (в плоскости качания шатуна):

1 — ДВС с номинальным значением диагностического параметра; *2* — для ДВС с допустимым значением диагностического параметра; *3* — с предельным значением диагностического параметра

Экономическая эффективность от своевременного выявления и устранения неисправности будет определяться снижением расходов на дорогостоящие текущие и капитальные ремонты двигателей и увеличением затрат на диагностирование, регулировку и замену деталей ДВС. В соответствии с общепринятой методикой годовой экономический эффект:

$$Э = (З_Т - З_П)А, \qquad (1)$$

где А — годовая производительность автомобиля, т·км; $З_Т$, $З_П$ — приведенные затраты соответственно при обеспечении работоспособности традиционным путем и с диагностированием.

Затраты определяются по формуле:

$$З = С + Е_В К, \qquad (2)$$

где С — себестоимость перевозок, руб./10 т·км; $Е_В$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; К — удельные капитальные вложения в производство, руб./10 т·км.

С учетом оптимальной периодичности диагностирования и минимизации суммарных удельных затрат [2] получим:

$$Э = (С_Т - С_П)А + АЕ_В(К_Т - К_П). \qquad (3)$$

Первая составляющая суммы представляет собой сокращение годовых расходов от сокращения затрат на ремонт путем повышения затрат на диагностирование, то есть:

$$(С_Т - С_П)А = N_p^{пр} dS_p - (S_g - S_3), \qquad (4)$$

где $N_p^{пр}$ — годовая потребность в КР с учетом [3] $N_p^{пр} = 0{,}109$; d — доля отказов, предупреждаемых диагностированием (достоверность диагностирования $d = 0{,}95$); S_g — затраты на диагностирование; S_3 — затраты на ТР; S_p — средняя стоимость диагностирования одного двигателя:

$$S_p = \sum_{i=1}^{n} C_i p_i, \qquad (5)$$

где n — количество наименований заменяемых или восстанавливаемых деталей; C_i — затраты на замену или восстановление i-й детали; p_i — вероятность замены или восстановления i-й детали.

Затраты на единичное диагностирование с учетом определенной трудоемкости $T = 54$ чел.-мин, тарифной ставки слесаря и расходов на электроэнергию составят в среднем $X = 148$ руб. С учетом периодичности диагностирования $\overline{l}_g = 25$ тыс. км и среднегодового пробега 50 тыс. км, годовые затраты на диагностирование ДВС составят 420 руб.

Разовые затраты на диагностирование определены с учетом стоимости заменяемых деталей $S_{дет}$ и трудовых затрат соответственно средней трудоемкости T_3 и тарифной ставки a. ТР производится не при каждом диагностировании, поэтому из соотношения среднего ресурса $\overline{l}$ и годового пробега $l_Г$ автомобилей определено, что в год на один ДВС потребуется в среднем 0,5 диагностирований. Следовательно, годовые затраты составят:

$$S_3 = \frac{l_Г}{\overline{l}}(aT_3 + S_{дет}) = 5910 \text{ руб.} \qquad (6)$$

Вторая составляющая суммы представляет собой увеличение капитальных затрат на диагностическое оборудование. Ориентировочно определена стоимость диагностического устройства в 4350 руб.

При указанных значениях периодичности диагностирования и среднегодового пробега определено, что на 100 ДВС КАМАЗ-740 необходимо двести диагностирований в год. С учетом стоимости и нормативного коэффициента $E_В = 0{,}15$ годовые

затраты на диагностирование возрастут на один двигатель:

$$\Delta S = AE_B \Delta K = 0,93 \text{ руб.} \quad (7)$$

Экономический эффект по (3) составит более 19 000 руб. на один двигатель в год. Дополнительный экономический эффект может быть получен вследствие уменьшения отказов автомобилей по внезапным аварийным причинам.

Таким образом, на основе анализа разработано эффективное средство диагностирования технического состояния цилиндропоршневой группы ДВС по температуре в камере сгорания без воспламенения и рассчитан экономический эффект от внедрения предложенных мероприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Устройство** для определения износа цилиндропоршневой группы ДВС: пат. № 95827 Рос. Федерация, МПК51 / Данилов И. К., Данилов Ю. И., Слитников К. Л.; заявитель и патентообладатель СГТУ имени Гагарина Ю. А. № 2010104122; заяв. 10.02.2010; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19. — с. 3.
2. **Денисов А. С., Данилов Ю. И.** Обоснование комплексной оценки технического состояния ДВС // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. — М.: МАДИ (ГТУ), 2014. — С. 108—113.
3. **Перспективы** технической эксплуатации мобильных средств сельскохозяйственного производства / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Н. В. Аникин, Г. А. Борисов, А. А. Голиков, И. Н. Кирюшин, Г. Д. Кокорев, С. В. Колупаев, М. Ю. Костенко, А. М. Кравченко, М. Б. Латышенок, С. Д. Полищук, Г. К. Рембалович, А. А. Симдянкин, С. В. Тимохин, И. А. Успенский, А. В. Шемякин, И. А. Юхин. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2015. — 192 с.

Новые роботы

В цехе сварки-сборки кабин Прессово-рамного завода "КАМАЗа" завершился монтаж новых роботов.

Роботы фирмы "Fanuc" установлены на линии сварки, где собираются высокие крыши для кабин КАМАЗов четырех моделей. Примечательно, что семь роботов удалось заменить на новые за два месяца без остановки производства.

По словам руководителя проекта, начальника отдела промышленной электроники Алмаса Гильманова, на автоматической линии сварки высокой крыши последние 28 лет трудилось первое поколение роботов. За это время они износились и могли существенно повлиять на качество сварки. Чтобы не подводить коллег с автомобильного завода, специалисты ПРЗ уменьшали скорость работы линии: в этом случае роботы выполняли команды более четко. В последние годы на линии с трудом сваривали по 15 крыш в час, при этом автоматические линии, на которых делали другие узлы, рассчитаны на скорость 40 шт. в час.

"Для обеспечения синхронизации потока "крыша" сваривалась без остановок, но и при таком темпе работы были задержки отправки каркасов на главный сборочный конвейер. Модернизация линии должна была исправить ситуацию, — пояснил Гильманов. — Но если пять нижних роботов, имеющих одну управляемую ось, мы обновили, то усовершенствование верхней линии более сложных агрегатов вызывало вопросы. Стоимость запчастей к ним превышала цену новых машин. Зато сейчас оснащение ПРЗ перескочило сразу через три поколения роботов: на смену первому пришло четвертое".

Поскольку раньше на "КАМАЗе" роботы японской фирмы Fanuc не использовались, пришлось основательно изучать новую продукцию. Для первого "японца" на заводе был подготовлен отдельный пост. Чтобы скоординировать движения электронного помощника, ему сначала вручили в "руки" флажки, и только потом прицепили сварные клещи. Модули программ в начале проекта готовили два специалиста, после обучения их количество выросло до 20. Грузоподъемность новых агрегатов в полтора раза выше, чем у предшественников, а производительность больше в 5 раз. Fanuc варят 30 крыш в час, но могут работать еще быстрее.

Как отметил Гильманов, сейчас очень удобный момент для внедрения роботов в первую очередь на сварочных операциях. Специалистов нужной квалификации не хватает, работа вредная, а новые технологии позволят обеспечить другой уровень качества продукции. Один из наиболее вероятных вариантов — участок сварки кронштейна крепления топливного бака в цехе шасси. Объем производства детали очень большой, около 150 тыс. экземпляров в год, и без роботов справиться с таким количеством проблематично.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 629.341-027.45

Дж. Ш. Тошев, аспирант, e-mail: toshevdzhahongir@mail.ru,
А. Н. Ременцов, д-р пед. наук, профессор, e-mail: rementsov@madi.ru,
В. А. Зенченко, канд. техн. наук, профессор, МАДИ, e-mail: zvaeats@yandex.ru

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ВОПРОСА НЕОБХОДИМОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СРОКА СЛУЖБЫ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ДУШАНБЕ

В статье рассмотрены вопросы количественной, марочной и возрастной структур подвижного состава государственного унитарного предприятия "Душанбенаклиётхадамотрасон". Проведен анализ сильных и слабых сторон его функционирования в районе деловой активности. Выполнена оценка возрастной структуры парка автобусов, ее доверительных границ и показана ситуация, отражающая достижение ее предельного состояния. Рассмотрены пути и подходы к решению вопроса обоснования рационального срока службы автотранспортных средств.

Ключевые слова: *пассажирский транспорт, возраст, структура парка, техническое состояние подвижного состава.*

The article deals with the issues of the quantitative, brand and age structure of the rolling stock of the state unitary enterprise "Dushanbenakliyothadamotrason". The analysis of the strengths and weaknesses of its functioning in the area of business activity was carried out. An estimation of the age structure of the bus fleet, its confidence limits, and a situation showing the achievement of its ultimate state is shown. The ways and approaches to the solution of the rationale for the rational service life of motor vehicles are considered.

Keywords: *passenger transport, age, park structure, technical condition of the rolling stock.*

На современном этапе развития экономики Республики Таджикистан автомобильный транспорт является основным и ключевым элементом транспортной системы и играет главную роль в обеспечении дальнейшего развития страны.

Повышение эффективности автобусных перевозок обеспечивает решение главной задачи, стоящей перед пассажирским транспортом: полного и качественного удовлетворения потребности населения в пассажирских перевозках при рациональных трудовых и финансовых затратах при минимальном влиянии на экологическую и дорожную безопасность.

К основным направлениям повышения эффективности пассажирских перевозок относятся: повышение уровня технической эксплуатации подвижного состава, укрепление материально-технической и ремонтной базы, внедрение передовых информационных и инновационных технологий в производстве, техническое обслуживание и текущий ремонт (ТО и ТР) автобусов, сокращение потребляемых материальных и энергетических ресурсов — топлива, шин, запасных частей и др. [1].

Республика Таджикистан занимает площадь 142,0 тыс. кв. км, расположена в горной части Центральной Азии. Население в настоящее время составляет 8,769 млн чел. (рис. 1), в том числе 802,2 тыс. чел. проживает в столице — г. Душанбе [4]. Продолжающийся рост населения и числа автомобилей на улицах города приводит к увеличению интенсивности и плотности транспортных потоков, приводящих к образованию заторов и пробок на дорогах, что оказывает влияние на их пропускную способность и в конечном итоге на эффективность перевозочного процесса пассажиров. В связи с этим городскими властями уделяется особое внимание совершенствованию пассажирских перевозок и решению вопросов оптимизации маршрутной сети с учетом жестких требований, обусловленных современным уровнем развития городов.

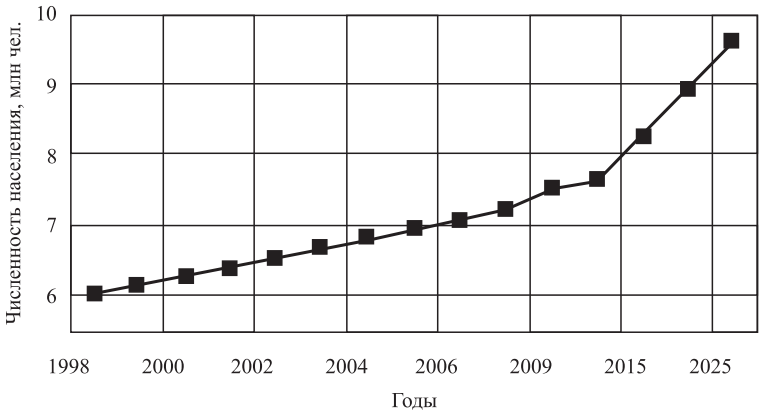

Рис. 1. Численность и прогноз роста населения Республики Таджикистан

Формирование маршрутной сети является важным этапом разработки эффективной транспортной системы города. От того, насколько рационально разработана маршрутная сеть, насколько удачно и гармонично она интегрирована в транспортную сеть города, зависит удовлетворение населения перевозками и эффективность работы транспортных компаний. Для улучшения работы городского пассажирского транспорта (ГПТ) в Республике Таджикистан принята и реализуется Государственная целевая программа "Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан на 2010—2025 годы" (Постановление Правительства Республики Таджикистан от 01.04.2011 № 165) [2].

Управление городским пассажирским транспортом осуществляет государственное унитарное предприятие (ГУП) "Душанбенаклиётхадамотрасон". Автобусные перевозки в г. Душанбе являются основным видом пассажирских перевозок и имеют большое социальное и мобилизационное значение. На долю автобусных перевозок ГУП "Душанбенаклиётхадамотрасон" приходится около 65 % перевозок пассажиров, выполняемых наземным пассажирским транспортом общего пользования (автобус, троллейбус, маршрутное такси) или около 48 % общего объема пассажирских перевозок, осуществляемых в городе, в том числе частными перевозчиками [3].

В состав отмеченного ГУП входит четыре государственных предприятия с общим числом транспортных средств 686 ед. (табл. 1). Структура подвижного состава по маркам показана на рис 2. При этом для перевозки пассажиров организовано 11 троллейбусных маршрутов, 21 городской автобусный и 36 маршрутов, на которых работают микроавтобусы в режиме маршрутных такси.

Объем пассажирских перевозок всеми видами городского транспорта составляет 564,5 млн чел., пассажирооборот составляет 9230,1 млн пасс-км. Среднее расстояние перевозки одного пассажира 8,4 км. Общая протяженность городской маршрутной сети составляет 729,3 км [4].

Наряду с государственно-коммунальными транспортными предприятиями в перевозках в городе Душанбе участвуют транспортные предприятия, принадлежащие частным лицам и организациям других форм собственности.

Так, на балансе коммунальных государственных унитарных предприятий находятся 686 ед. подвижного состава различной пассажировместимости. На остальных предприятиях на договорной основе сконцентрировано 2200 ед. подвижного состава особо малой вместимости.

Ежедневно на маршрутах города работают 280—295 автобусов (большой, средней и малой вместимости), и 60—68 троллейбусов. Однако длительное ожидание на остановках, неоправданно медленное движение делает их неконку-

Таблица 1

Подвижной состав ГУП «Душанбенаклиётхадамотрасон»

№ п/н	Наименование предприятия	Количество подвижного состава, ед.	Класс подвижного состава					
			Особо большой	Большой	Средний	Малый	Троллейбус	Всего
1	КГУП «Автобус-1»	313	15	225	73	—	—	313
2	КГУП «Автобус-2»	99	—	—	99	—	—	99
3	КГУП «Автобус-3»	110	—	—	50	60	—	110
4	КГУП «Троллейбус»	164	—	—	—	—	164	164
	Итого:	**686**	15	225	222	60	164	**686**

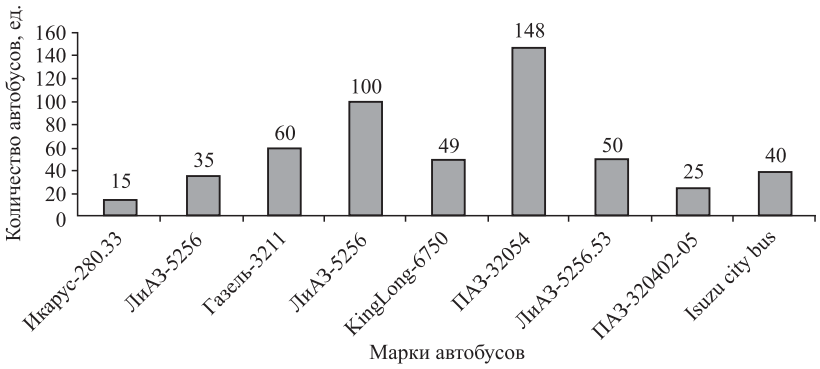

Рис. 2. Количество автобусов ГУП по маркам

рентными с частными перевозчиками, особенно с микроавтобусами. Эксплуатации троллейбусов мешают проблемы с обслуживающими и силовыми подстанциями и линиями электроснабжения.

Качество и эффективность перевозки пассажиров городскими автобусами в большой степени зависят от уровня технической готовности подвижного состава, который часто не в полной мере соответствует действующим требованиям. Несмотря на имеющие место положительные моменты, состояние городского пассажирского транспорта общего пользования в Душанбе в настоящее время нельзя считать оптимальным, а уровень его развития достаточным. С целью более детального исследования состояния городских пассажирских перевозок и в первую очередь понимания технического состояния колесных транспортных средств (автобусов), их осуществляющих, был проведен SWOT-анализ (табл. 2).

Таблица 2

SWOT-анализ муниципальных перевозок пассажиров автобусами

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Хорошая маневренность	1. Большие эксплуатационные расходы
2. Небольшие сроки введения в эксплуатацию	2. Повышенный уровень загрязнения окружающей среды
3. Небольшие первоначальные затраты на освоение новых маршрутов	3. Потенциальная потеря пассажиропотока в пользу частного транспорта
4. Возможность быстро организовать перевозки для разово возникших потребностей при больших объемах транспортной работы	4. Устаревающий парк автобусов и микроавтобусов увеличивает стоимость содержания
5. Оперативность в изменении маршрутов	5. Система продажи билетов не отлажена
6. Резервные мощности в системе.	6. Отсутствие запасных частей и нехватка средств на содержание
7. Интегрированная сеть с хорошим охватом районов города	7. Низкая частота движения автобусов, особенно в час пик
8. Большое количество водителей способствует возможностям трудоустройства	8. Сильная зависимость от водителей-владельцев автотранспортных средств и небольших перевозчиков; отсутствие ресурсов для реинвестирования
Возможности	Угрозы
1. Резервные мощности в системе	1. Развитие конкурирующих видов транспорта может еще больше сократить использование автобусов
2. Единая система продажи билетов на общественном транспорте повысит использование автобусов	2. Все сложнее станет содержать изнашивающийся подвижной состав
3. Значительный потенциал на улучшение	3. Потеря пассажиропотока с увеличением количества собственных автомобилей
4. Признание стратегического значения в системе общественного транспорта может привести к увеличению финансовой поддержки	4. Возросшие расходы на топливо и загрязнение окружающей среды вследствие низкой топливной экономичности старых транспортных средств

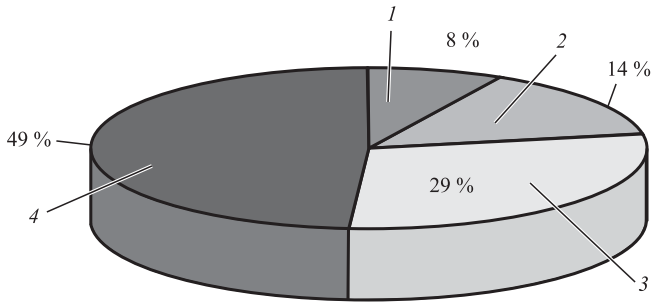

Рис. 3. Структура подвижного состава по сроку службы автобусов:

1 — до 1 года; *2* — от 2 до 3 лет; *3* — от 6 до 7 лет; *4* — свыше 8 лет

Как известно, анализ сильных сторон, слабых сторон, возможностей и угроз (SWOT-анализ) позволяет сфокусировать внимание на ключевых проблемах. Целью анализа является:

1. Укрепление сильных сторон.
2. Ликвидация — сведение до минимума слабых сторон.
3. Развитие возможностей.
4. Противодействие угрозам.

SWOT-анализ показал, что к основным слабым сторонам, обусловленным технической эксплуатацией, можно отнести большие эксплуатационные затраты, отсутствие запасных частей и устаревший парк автобусов.

В парке ГУП "Душанбенаклиётхадамотрасон" имеются автобусы разных возрастных групп, структура которых представлена на рис. 3.

Исходя из распределения структуры подвижного состава по сроку службы автобусов, было установлено, что почти половина (49 %) имеет возраст свыше 8 лет, а 29 % — от 6 до 7 лет. Большая часть автотранспорта находится в эксплуатации

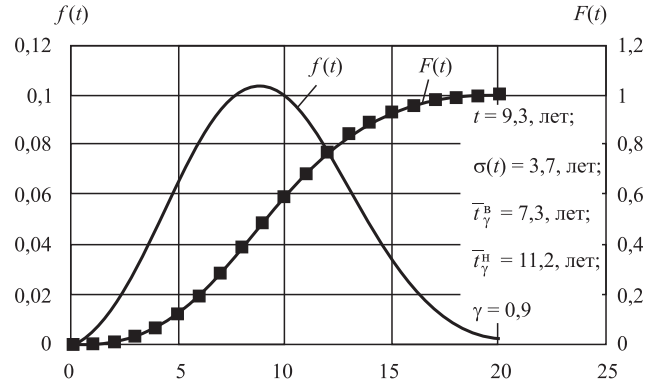

Рис. 4. Дифференциальная *f*(*t*) и интегральная *F*(*t*) функции распределения возраста автобусов, эксплуатируемых в ГУП "Душанбенаклиётхадамотрасон"

более 10 лет. Данное положение безусловно влияет на выпуск автобусов на маршрут и требует значительных затрат на поддержание заданного уровня работоспособности, что приводит, соответственно к росту затрат на ТО и ремонт. В связи с этим появляется необходимость управления возрастной структурой автобусов на основе определения рациональных сроков службы подвижного состава и выработки оптимальных стратегий его обновления. На рис. 4 представлена возрастная структура подвижного состава предприятий, входящих в ГУП "Душанбенаклиётхадамотрасон", сложившаяся на начало 2017 г., и которая может быть описана дифференциальным и интегральным уравнениями вида:

$$f(t) = 4,718 \cdot 10^{-3} t^{1,711} e^{-\frac{t^{2,711}}{574,62}}; \qquad (1)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\frac{t^{2,711}}{574,62}}. \qquad (2)$$

В данных выражениях t является текущим значением возраста автобусов, принадлежащих ГУП "Душанбенаклиётхадамотрасон".

На рис. 4 $\overline{t}_{\gamma}^{\text{в}}$ и $\overline{t}_{\gamma}^{\text{н}}$ являются верхней (в) и нижней (н) доверительными границами возраста автобусов для заданной доверительной вероятности $\gamma = 0,9$.

Основные параметры, отражающие статистические показатели возрастной структуры подвижного состава, их доверительные и толерантные границы (для заданной доверительной вероятности $\gamma = 0,9$), относительно среднего возраста, представлены в табл. 3.

Представленные на рис. 4 и в табл. 3 результаты возрастной структуры парка автобусов указывают на приближение их срока службы к предельному, определяемому [5] сроками службы основных транспортных средств различного класса (табл. 4).

Действительно, для автобусов среднего и большого классов, эксплуатируемых ГУП "Душанбенаклиётхадамотрасон" с рекомендуемым сроком службы от 7 до 10 лет согласно [4], количество подвижного состава данного класса, превышающего отмеченный срок службы из общего количества автобусов в 522 ед., составит:

для $t = 7$ лет, $N(t > 7) = 522 e^{-\frac{7^{2,711}}{574,62}} = 372$ (ед.);

Таблица 3

Статистические показатели возрастной структуры подвижного состава

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Значение показателя
1	Математическое ожидание возраста автобусов	$\bar{t}$	Лет	9,3
2	Среднеквадратичное отклонение возраста	$\sigma(t)$	Лет	3,7
3	Коэффициент вариации возраста автобусов	$\upsilon(t)$	—	0,4
4	Доверительные границы для $\gamma = 0{,}9$: верхняя нижняя	 $\bar{t}_{\gamma}^{в}$ $\bar{t}_{\gamma}^{н}$	Лет	 7,3 11,2
5	Толерантные границы для $\gamma = 0{,}9$: верхняя нижняя	 $\bar{t}_{\gamma}^{в}$ $\bar{t}_{\gamma}^{н}$	Лет	 14,0 4,5

для $t = 10$ лет, $N(t > 10) = 522e^{-\frac{10^{2,711}}{574,62}} = 213$ (ед.).

Таким образом, обновлению подлежит от 41 до 71 % автобусов для рекомендуемых сроков службы, в 10 и 7 лет соответственно. Исходя из постановления руководства мэрии г. Душанбе о сроке службы автобусов в 8 лет, обновлению подлежит 61 % подвижного состава, или в количественном выражении:

$$N(t > 8) = 522e^{-\frac{8^{2,711}}{574,62}} = 320 \text{ (ед.)}.$$

Между тем директивное установление срока службы автотранспортных средств, обеспечивающих пассажирские перевозки, не всегда можно считать рациональным решением. Поэтому в рамках исследований рассматривается возможность нахождения оптимальных решений, позволяющих оптимизировать сроки службы автобусов на основе учета совокупности факторов, отражающих интенсивность изменения технического использования подвижного состава во времени, затрат на поддержание заданного уровня его работоспособности, затрат в динамике на потребность в шинах и горюче-смазочных материалов и других факторов с учетом стоимости приобретаемых автотранспортных средств, банковских процентных ставок и инфляционных ожиданий на задаваемых прогнозных временных лагах.

Таблица 4

Рекомендуемые сроки службы транспортных средств различного класса

Наименование класса автобуса	Рекомендуемый срок службы, лет
Автобусы особо малые и малые длиной до 7,5 м включительно	5...7
Автобусы средние и большие длиной до 12 м включительно	7...10
Автобусы особо большие (автобусные поезда) длиной свыше 16,5 до 24 м включительно	10...15

При этом должна учитываться специфика эксплуатации пассажирского транспорта в условиях республики Таджикистан и особенно в г. Душанбе.

Наряду с вышеотмеченным, необходимо учитывать перспективы развития и расширения маршрутной сети, ее оптимизацию, соблюдение технологий эксплуатации и поддержание необходимого технического состояния. Детальная проработка тарифной политики, а также системы сбора выручки. Также требует оптимизации работа диспетчерского контроля и служба технического контроля с целью увеличения коэффициента технического использования на линии и формирования полноценной нормативно-правовой базы функционирования предприятий. Потребуется обеспечить внутренний контроль за исполнением распоряжений и качеством работы всех служб. Для этого необходим регулярный мониторинг транспортной ситуации и потребностей пассажиров в перемещении

между разными районами города. Тогда станет возможной оптимизация маршрутных схем, интервалов движения, количества подвижного состава на маршрутах.

В случае осуществления всех планов развития, предприятия ГУП "Душанбенаклиётхадамотрасон" смогут составить конкуренцию коммерческим перевозкам при условии создания комфортабельных условий для перевозки пассажиров (небольшие интервалы движения, поддержание высокого технического состояния подвижного состава, увеличение скоростей передвижения по маршрутам, повышение культуры обслуживания).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ременцов А. Н., Тошев Дж. Ш.** Оптимизация периода эксплуатации автобусов в условиях Республики Таджикистан / Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. — М.: МАДИ, 2017. — С. 218—224.
2. **Государственная целевая программа** "Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан на 2010—2025 годы". (Постонавление Правительства Республики Таджикистан от 01.04.2011 г. № 165).
3. **Тошев Дж. Ш., Юнусов М. Ю., Агуреев И. Е., Хусейнов Х. Б.** Состояние и перспективы развития общественного транспорта города Душанбе" / Вестник Таджикского технического университета им. акад. М. С. Осими. — 2015. — № 3 (31). — С. 104—107.
4. **Статистический ежегодник** Республики Таджикистан. Душанбе. — 2015. — 466 с.
5. **Постановление Правительства РФ** от 1 января 2002 г. № 1 "О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы".

"Ленинградская АЭС-Авто" тестирует электробус

Компании "Ленинградская АЭС-Авто" был передан в эксплуатацию электробус КАМАЗ-6282. Церемония передачи электробуса прошла на территории Ленинградской АЭС в г. Сосновый Бор. В мероприятии приняли участие губернатор Ленинградской области Александр Дрозденко, директор филиала АО "Концерн Росэнергоатом" "Ленинградская атомная станция" Владимир Перегуда, глава администрации Сосновоборского городского округа Владимир Садовский, представители ПАО "КАМАЗ" и другие. "Ленинградская АЭС-Авто" входит в структуру "Энергоатоминвеста" и выполняет транспортно-логистические задачи для атомных электростанций в России.

Уникальный низкопольный электробус КАМАЗ-6282 второго поколения адаптирован для маломобильных пассажиров, оснащен видеокамерами и спутниковой навигацией. Кроме того, модель оснащена литий-титанатными (LTO) аккумуляторами. Электробус успешно заряжается даже в условиях низких температур. При использовании станции ультрабыстрой зарядки электробус может восстанавливать свой заряд в течение 15 мин. Также благодаря сравнительно низкой массе аккумуляторов у электробуса КАМАЗ есть возможность перевозить большое количество пассажиров. Его общая пассажировместимость — 85 чел. (24 места для сидения).

Аккумулятор рассчитан, как минимум, на 20 тыс. циклов полного заряда/разряда, а это более 15 лет интенсивной эксплуатации. С учетом низкой стоимости обслуживания и эксплуатации цена на электробус КАМАЗ окупается в середине его жизненного цикла. Использование электробусов позволяет повысить уровень экологической безопасности городской среды и комфортабельность поездок, поскольку этот вид транспорта отличается отсутствием вредных выбросов в окружающую среду и сниженным до минимума уровнем шума.

Электробус уже тестировался в "Сколково", в Москве, а впоследствии был пущен по маршрутам Санкт-Петербурга. Общий пробег электробуса в рамках тестовых испытаний преодолел отметку в 14 тыс. км. По результатам тестовых испытаний новинка получила положительные отзывы: пассажиры и водители отмечают плавный ход электробуса, бесшумность, быстрый разгон и экологичность.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 629.113

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Становление технического регулирования, характеризуемого наличием минимума требований к предпринимательской деятельности при условии обеспечения безопасности — задача современной технической эксплуатации, где решение представляет реализацию CALS-технологий, обеспечивающих надежность транспортных систем и сокращение стоимости жизненного цикла подвижного состава, что является новой организационной культурой, основанной на системотехническом проектировании процессов и структур, где исходная точка проектирования — тезаурус парадигмы организации.

Ключевые слова: *техническая эксплуатация автомобилей, организационная культура, тезаурус, жизненный цикл.*

Formation of a technical regulation, characterized by the presence of minimum requirements for business activities subject to security — the task of modern technical usage, where the solution is the implementation of CALS-technologies, ensuring reliability of transportation systems and reducing the cost of the life cycle of the rolling stock, which is a new organizational culture based on sistemotehnicheskom design of processes and structures, where the starting point of the design — thesaurus paradigms of the organization.

Keywords: *technical exploitation of cars, organizational culture, thesaurus, life cycle.*

В 2012 г. произошло официальное вступление Российской Федерации (РФ) во Всемирную торговую организацию (ВТО) [1], где одним из направлений активного воздействия ВТО на современную предпринимательскую деятельность (малый бизнес постиндустриальной терциарной экономики [2]) является техническое регулирование.

Техническое регулирование — это обеспечение баланса между поступающей на рынок продукцией и ее свободным перемещением к потребителям, т. е. регулирование на рыночном пространстве движения товаров (услуг), производимых предпринимателями [3], где обязательными для исполнения во всех странах ВТО являются лишь требования технического регламента [4].

Технический регламент — это документ, устанавливающий требования к объектам (продукции и процессам) технического регулирования на всех стадиях их жизненного цикла (ЖЦ), где изложены требования, обеспечивающие безопасность [5]. Безопасность продукции и связанных с ней процессов ЖЦ (производства, эксплуатации, реализации и др.), является базовой основой всей системы технического регулирования.

27.12.2002 г. в России был принят Федеральный Закон № 184-ФЗ "О техническом регулировании" [6], который 01.07.2003 г. вступил в действие. Здесь под безопасностью продукции и процессов ЖЦ понимают состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

Безопасность как правовая категория технического регулирования представляет собой весьма сложное, многогранное и комплексное явление. С точки зрения Международной организации по стандартизации, безопасность в ее Руководстве ИСО/МЭК 2 означает отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба. В Руководстве ИСО/МЭК 51 и согласно ГОСТ Р 51898—2002 — это "отсутствие недопустимого риска".

Недопустимый риск в новой системе нормативных документов представляет сопоставление затрат и результатов технического регулирования, что устанавливается в каждом конкретном случае для каждой группы товаров или процессов как превышение выгод от данного уровня риска над издержками его обеспечения [7].

Издержки составляют суть интегрированной логистической поддержки (Integrated Logistic Support — ILS) — ИЛП, т. е. комплекса управленческих процессов и процедур, направленных на сокращение затрат на постпроизводственных стадиях ЖЦ. Они также именуются "затратами на владение", что в целом изложено в стандартах ГОСТ Р 53392—2009, ГОСТ Р 53393—2009,

ГОСТ Р 53394—2009, ГОСТ Р 54090—2010, других документах, которые свидетельствует о том, что отечественная индустрия стала уделять должное внимание такой важной статье доходов, как послепродажное обслуживание машиностроительной продукции, где, руководствуясь английским (негласно международным) стандартом DEF STAN 00-60, предприниматели создают новые элементы инфраструктуры по организации и автоматизации процессов ЖЦ продукции.

Современная цель предприятий (предпринимателей), осуществляющих техническую эксплуатацию сложной продукции, состоит в соблюдении требований по обеспечению ее надежности и безопасности при максимально возможном уровне эффективности продукции путем формирования оптимальных программ по ее техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р), что формулируется как новая методология ТО, ориентированного на надежность (Reliability-centered Maintenance — RCM). Согласно ГОСТ Р 27.606—2013, такая методология позволяет установить необходимые меры для того, чтобы каждая производственная система и ее элементы исполняли возложенную на них функцию в рамках осуществляемого ими производственного процесса.

Проблема предприятий технической эксплуатации автомобилей (ТЭА), следуя терминологии проф. А. Е. Бром [8], состоит в формировании их "нового лица" на автомобильном транспорте (АТ), где исходной точкой следует признать технологию управления ЖЦ изделий (продукции), что сегодня основывается на новых знаниях XXI века.

Анализ исследований и публикаций

В современном мире технология управления ЖЦ изделий имеет две дополняющие друг друга формулировки [9]:

1 — высокоскоростная или быстрая коммерция, т. е. Commerce At Light Speed (CALS), которая базируется на электронном бизнесе (e-business) и призвана сократить затраты на поддержку всего ЖЦ (Life Cycle Cost — LCC) изделий и в том числе затраты на безопасность;

2 — непрерывная информационная поддержка поставок и ЖЦ изделий (ИПИ), т. е. Continuous Acquisition and Lifecycle Support (CALS).

В 2008 г. миру предложена новая, более совершенная технология управления ЖЦ — CL2M (Closed Loop Lifecycle Management — управление ЖЦ закрытого цикла) [10]. Ее наиболее характерными чертами являются:

— принципиальная возможность применения для управления ЖЦ не только промышленной продукции, но и других объектов;

— более глубокая интеграция людей, процессов и информации;

— закрытие информационной бреши между начальной, средней и конечной стадиями ЖЦ;

— обработка информации с целью превратить ее в знания, необходимые для анализа процессов, составляющих полный ЖЦ объектов, и принять соответствующее решение по результатам анализа, что составляет главную идею CL2M, которая вызвала в Европейском Союзе проведение комплекса дополнительных исследований под общим названием DYNAMITE — Dynamic Decisions in Maintenance.

Исследования DYNAMITE направлены на разработку перспективного метода ТО и Р, основанного на принятии решений о их необходимости и объеме в реальном времени и в процессе работы изделия, где будущее ТО и Р связано с широким применением интеллектуальных информационных сенсоров и приборов (например, радиочастотных меток, приемников GPS- и GSM-сигналов и др.) и организацией электронного обслуживания (e-maintenance), которое "должно отвечать" на следующие вопросы [10, 11]:

— какое изделие и когда нуждается в ТО и Р;

— имеются в наличии и готовы ли для выполнения работ ТО и Р запасные части и необходимые руководства;

— кто должен выполнить ТО и Р.

Главное состоит в том, чтобы повсеместный, с позиций эксплуатирующего персонала, электронный надзор всех стадий ЖЦ изделий, призван обеспечить их высокие эксплуатационные качества. В современной науке это трактуется как концепция и/или философия теротехнологий (от греч. слова terein — надзирать, наблюдать повсюду), которые в отличие от всеобщего управления качеством (TQM — Total Quality Management), направленного на решение лишь внутренних задач предприятия, управляют всеми объектами в ЖЦ изделия [10], что в ТЭА целесообразно представить как формирование ее новой организационной культуры (ОК).

Цель статьи — сформулировать основы ОК технического регулирования в ТЭА.

Основной раздел

ОК — это система общественно прогрессивных формальных и неформальных правил и норм деятельности, обычаев и традиций, индивидуальных и групповых интересов, особенностей поведения персонала, стиля руководства, показателей удовлетворенности работников условиями труда, уровня взаимного сотрудничества и совместимости работников между собой и с организацией, перспектив развития [12].

Впервые научный факт наличия и воздействия ОК на автомобильный транспорт (АТ) выявили и исследовали ученые Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ), которые во главе с проф. Н. Я. Говорущенко в 1984 г. предложили отрасли [13]:

— дополнить общеизвестный спектр условий эксплуатации АТ (дорожные, климатические, транспортные) новой составляющей "культура труда";

— применить для проектирования процессов и структур АТ системотехнику.

Суть современного системотехнического проектирования в условиях теротехнологий и, соответственно, в условиях абсолютного приоритета ТЭА в управлении ЖЦ каждой единицы подвижного состава (ПС), состоит в освоении новой методологии проектирования Promise. Методология предусматривает, что любой проект, начиная с этапа концептуального проектирования, обязан разрабатываться на основе охраны окружающей среды (Design-For-Environment — DFE), потребностей пользователя (Design for Use — DFU), производителя (Design-For-Manufacturing — DFM), сервисных органов (Design-For-Service — DFS) и других участников ЖЦ [10].

Итогом системотехнического Promise-проектирования в ТЭА призваны стать программные системы управления, где принятие управленческих решений основано на создании механизмов приобретения, накопления и применения знаний, т. е. методологии управления знаниями (Knowledge Management — KM). Сегодня это центральное направление современного процесса совершенствования интеллектуально-информационных технологий, где существует тенденция создания программных систем, которые не ориентированы на "понимание" смысла обрабатываемой информации, а призваны автоматизировать процессы поиска и структуризации информации и знаний на основании их смыслового описания.

При этом, согласно основополагающим законам функционирования и развития организаций, и, в частности, закону необходимого развития (закон У. Р. Эшби [12]): разнообразие решений должно превышать разнообразие проблем организации, т. е. разнообразие системы управления организацией должно превышать разнообразие управляемого процесса или объекта, чему в ТЭА способствует управление на основе участия производителей техники (CALS/ИПИ-технологии) или ТО, ремонт и капитальный ремонт (Maintenance, Repair and Overhaul), т. е. MRO-системы [14].

Однако ОК, согласно положениям теории организации — это, прежде всего, общность мыслей. Различные подразделения той или иной организации могут иметь различия в "местной" ОК, но основная идея ОК всей организации, например ТЭА, должна быть одна: "Все в лодке должны грести в одну сторону, но могут делать это в чем-то индивидуально" [12].

Основная идея ТЭА — это ее стратегии и тактики, где:

— "стратегия ТЭА (стратегия использования ПС)" представляет долговременную идейную ориентацию и направленность планирования, организации и управления техническими воздействиями, что в определенных условиях работы ПС и при заданном (расчетном) уровне его эксплуатационной надежности, обеспечивает минимум трудовых и материальных затрат на поддержание ПС в работоспособном состоянии [15];

— "тактика ТЭА (система ТО и Р)" представляет концепцию обеспечения надежности ПС и преследует цель выработки эффективных форм и методов, направленных на решение основных задач, сформулированных в техническом направлении.

Понятие "стратегия ТЭ" было введено на АТ в 1976 г. проф. МАДИ (ГТУ) В. А. Зарубкиным [16]. Он сформулировал две стратегии ТЭА: "стратегия плановая"; "стратегия ожидания отказа". Однако, в авиации, например, существует три вида стратегий использования самолетов, так как стратегия плановая здесь имеет две разновидности ("стратегия до выработки ресурса" и "стратегия до предотказного состояния"). При этом иное название носит "стратегия ожидания отказа" — это "стратегия до отказа" [17].

Понятие "тактика ТЭА" было введено на АТ в 1984 г. проф. Н. Я. Говорущенко, который выделил в ТЭА три вида тактик: "тактика по наработке"; "тактика по состоянию"; "тактика смешанная" [13].

Однако в технике и на других видах транспорта термин "тактика" более известен как "система", что рекомендовано ГОСТ 18322—78. При этом, например, в авиации действует ГОСТ 2412—80, где стандартизовано не понятие "система", а именно четыре вида стратегий: 1 — ТО по наработке, 2 — ТО по состоянию, 3 — ремонт по наработке, 4 — ремонт по техническому состоянию, где в стратегии "по состоянию" существует два принципа контроля: "контроль параметров"; "контроль уровня надежности" [17].

Проф. С. М. Мороз выделил на АТ "смешанную (комбинированную) стратегию" обеспечения работоспособности технического состояния ПС, которая объединяет "стратегию эксплуатации по наработке или календарному времени" (посредством плановых ТО) и "стратегию эксплуатации ПС по состоянию" (посредством внепланового ремонта). При этом систему ТО и Р он классифицирует как организационную систему, которая реализует "смешанную стратегию" эксплуатации ПС [18].

Спектр, как наименований, так и понятий "стратегия" и "тактика" — достаточно широкий, а в условиях развития MRO-систем является фактически необозримым. Однако тенденция организации ТЭА посредством теротехнологий, а в целом процесс смены парадигмы АТ, характеризуемый активным внедрением в отрасль информационно-коммуникационных технологий, вызывает острую необходимость формирования современного те-

зауруса ТЭА — лаконичного категорийно-понятийного комплекса, имеющего строгую целевую ориентацию на сущность и содержание свода основных проблем конкретной области знаний [19].

В условиях фактического хаоса терминов, определений и дефиниций, формулируемых даже стандартами, действенным средством построения парадигмы ТЭА, т. е. основополагающей концепции, представленной моделью основных понятий, отражающих наиболее существенные черты области знаний, является тезаурус парадигмы организации — это пока единственный эффективный инструментарий становления универсального научного языка и решения задач описания, систематизации, координации и развития научных исследований в условиях современного научно-технического прогресса.

Следует подчеркнуть, что в ТЭА проблему тезауруса или информатизации впервые вскрыли проф. Б. С. Клейнер и В. Г. Флегонтов — ученые МАДИ (ГТУ). Еще в 1976 г. они указали на трудность общения между тезаурусом потребителя (субъектами) и источниками информации (объектами) [20], что в современной ТЭА выражено наиболее ярко вследствие ее интеграции в абсолютно новую CALS/ИПИ-культуру, где CL_2M-технология призвана не только сократить разнообразные затраты LCC, но и реализовать абсолютно новую методологию проектирования Promise.

В условиях становления технического регулирования, характеризуемого наличием минимума требований, но их обязательным распространением абсолютно на все виды предпринимательской деятельности, задача формирования тезауруса ТЭА трансформируется в задачу формирования ее культуры — комплекса понятий, используемых отдельными лицами и группами при взаимодействии с организацией и ее окружением [21].

Вывод

Совершенствование ТЭА путем ее организации, согласно требованиям технического регулирования, представляет формирование абсолютно новой организационной культуры ТЭА, основой которой сегодня должен стать тезаурус парадигмы организации, направленный на формирование универсального научного языка, отражающего многогранные знания XXI века.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ершова И. В.** Технические регламенты как основные документы технического регулирования в условиях вступления России в ВТО [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://docviewer.yandex.ua/?url=http%3A%2F%2FCyberLeninka.ru%2Farticle%2Fn%2Ftehnicheskie-reglamenty-kak-osnovnye-dokumenty-tehnicheskogo-regulirovaniya-v-usloviyah-vstupleniya-rossii-v-vto.pdf&name=tehnicheskie-reglamenty-kak-osnovnye-dokumenty-tehnicheskogo-regulirovaniya-v-usloviyah-vstupleniya-rossii-v-vto.pdf&lang=ru&c=583db3c7e99a (дата обращения: 21.11.2016).
2. **Комов П. Б.** Проблемы предпринимательской деятельности в технической службе автомобильного транспорта // Материалы V-й междунар. научно-технической конф. "Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы" (9—14 сентября 2000 г.). — Севастополь: Изд-во СевГТУ. — 2002. — С. 179—184.
3. **Техническое регулирование**, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.afve.org/files/317_666702745.pdf (дата обращения: 17.07.2016).
4. **Агешкина Н. А.** Комментарий к Федеральному закону от 27.12.2002 № 184-ФЗ "О техническом регулировании", 2008. [Электронный ресурс] (дата обращения: 4.12.2016).
5. **Чесноков А. Г.** Новая система технического регулирования в России, ОАО "Институт стекла", Москва. [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.glassinfo.ru/articles/2005_12_new_systema_teh_regulirovania_v_RF.pdf (дата обращения: 04.1.2016).
6. **Федеральный закон** от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ (ред. от 30.12.2009 г.) "О техническом регулировании" (принят ГД ФС РФ 15.12.2002 г.) (с изм. и доп., вступившими в силу с 11.01.2010 г.) [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.diabetes-ru.org/files/prodavcu-proizvoditelyu/o-teh-regulirovanii.pdf (дата обращения: 7.09.2016).
7. **Крючкова П. В.** Система технического регулирования в РФ: формирование, возможное и ожидаемое воздействие на конкуренцию. Предварительный вариант [Электронный ресурс] https://iq.hse.ru/data/342/610/1233/file3758.pdf (дата обращения: 00.00.2016).
8. **Бром А. Е.** Проектирование комплекса интегрированной логистической поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции // Вестник Волжского университета имени В. Н. Татищева № 1 (23) 2015 [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-kompleksa-integrirovannoy-logisticheskoy-podderzhki-zhiznennogo-tsikla-naukoemkoy-produktsii (дата обращения: 3.12.2016).
9. **Концепция развития** CALS-технологий в промышленности России / НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика"; Е. В. Судов, А. И. Левин. — М., 2002. 131 с.
10. **Юсупов Р. М., Соколов Б. В., Птушкин А. И., Иконникова А. В., Потрясаев С. А., Цивирко Е. Г.** Анализ состояния исследований проблем управления жизненным циклом искусственно созданных объектов // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 16. С. 37—109. [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://proceedings.spiiras.nw.ru/ojs/index.php/sp/article/view/1532/0 (дата обращения: 12.03.2016).
11. **DynaWeb.** Is an e-maintenance solution to future sustainable industrial and societal challenges // Electronic Resource [http://dynamite.vtt.fi].
12. **Смирнов Э. А.** Основы теории организации: Учеб. пособие для вузов. — М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998. — 375 с.
13. **Говорущенко Н. Я.** Техническая эксплуатация автомобилей. — Х.: Вища школа, 1984. — 312 с.
14. **MRO-системы** [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:MRO-система (дата обращения: 05.05.2016).
15. **Техническая кибернетика транспорта:** Учебное пособие / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. — Харьков: ХГАДТУ, 2001. — 271 с.
16. **Зарубкин В. А.** Оптимизация системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в АТП. — М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1976. — 126 с.
17. **Смирнов Н. Н., Ицкович А. А.** Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1987. — 272 с.
18. **Мороз С. М.** Методы обеспечения работоспособного технического состояния автотранспортных средств: учебник. — М.: МАДИ, 2015. 204 с.
19. **Теория организации:** Учебник для вузов / Г. Р. Латфуллин, А. В. Райченко. — СПб.: Питер, 2003. — 400 с.
20. **Клейнер Б. С., Флегонтов В. Г.** Технология и организация производства на автотранспортных предприятиях. Часть II. Информационное обеспечение функционирования технической службы автотранспортных предприятий и объединений: Учебное пособие / МАДИ — М., 1976. — 77 с.
21. **Гибсон Дж. Л., Иванцевич Д. М., Донелли Д. Х. мл.** Организации: поведение, структура, процессы: Пер. с англ. — 8-е изд. — М.: ИНФРА-М, 2000. XXVI, 662 с.

УДК 656.025

Х. А. Фасхиев, В. А. Целищев, ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет" (УГАТУ), ФГОБУ ВО "Финансовый университет при Правительстве РФ" (Финуниверситет)
E-mail: faskhiev@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПРОЕКТИРУЕМЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Разработаны многофакторные регрессионные уравнения определения удельной трудоемкости на техническое обслуживание и ремонт малотоннажных и большегрузных автомобилей в эксплуатации. Предложенные модели учитывают динамику показателей автомобилей по мере их старения.

Ключевые слова: *грузовой автомобиль; техническое обслуживание; ремонт; прогноз; трудоемкость.*

Developed four-factor regression equations predicting the specific complexity of the maintenance and repair of light-duty and heavy-duty trucks. The proposed models take into account the dynamics of the estimated vehicle as they age.

Keywords: *freight car, maintenance, repairs, forecast, labor input.*

Трудоемкость технического обслуживания и ремонта (ТОР) является одним из важных потребительских свойств грузовых автомобилей, так как затраты на их обслуживание в эксплуатации доходят до 30 % себестоимости перевозок. Трудоемкость ТОР необходимо знать, во-первых, для расчета производительности автомобиля, во вторых, для определения эксплуатационных затрат, без которых невозможно оценить экономическую эффективность и конкурентоспособность автомобиля. В настоящее время отсутствует достоверная методика прогнозирования трудоемкости ТОР автомобилей. Кроме того, в известных методиках не учитывается увеличение затрат на ТОР по мере старения автомобиля.

Цель работы — разработка методики прогнозирования нормативной трудоемкости ТОР грузовых автомобилей. При расчетах трудоемкости ТОР используется удельная трудоемкость, которая представляет собой суммарную трудоемкость ТО-1, ТО-2 и текущего ремонта на 1000 км пробега:

$$T_{\text{тор}} = \frac{t_{\text{ТО-1}}}{L_{\text{ТО-1}}} + \frac{t_{\text{ТО-2}}}{L_{\text{ТО-2}}} + t_{\text{ТР}}, \qquad (1)$$

где $t_{\text{ТО-1}}$, $t_{\text{ТО-2}}$ — трудоемкость ТО-1 и ТО-2 на одно обслуживание соответственно, чел·ч; $L_{\text{ТО-1}}$, $L_{\text{ТО-2}}$ — периодичность ТО-1 и ТО-2, тыс. км; $t_{\text{ТР}}$ — удельная трудоемкость текущего ремонта, чел·ч/1000 км.

Значения показателей, входящих в формулу (1), можно найти в ГОСТ 21624—81 "Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности и ремонтопригодности изделий", "Положении о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта", РД 37.009.027—93 "Сборник нормативов трудоемкости на техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей", в справочнике [1], нормативных изданиях производителей автомобилей, сервисных центров.

Фактические значения трудоемкости могут выявляться только по статистическим данным через несколько лет эксплуатации. Производимые модели автомобилей постоянно обновляются. Когда неизвестно значение трудоемкости ТОР, при выборе автомобиля у покупателя возникают трудности. Для производителя актуально предварительно знать трудоемкость ТОР проектируемых моделей, чтобы оценить их экономическую эффективность, планировать затраты на ТОР. Для решения проблемы прогнозирования затрат на ТОР, необходимо создать расчетную модель трудоемкости.

Величину удельной трудоемкости ТОР проектируемых моделей целесообразно определить на основе регрессионного анализа данных аналогичных автомобилей. В роли факторных признаков целесообразно принимать такие параметры, как снаряженная масса автомобиля G_0 (т), удельная

Исходные данные для расчета коэффициентов регрессии среднетоннажных автомобилей

Модель автомобиля	$T_{ТОР}$, чел·ч/1000 км	G_0, т	$N_{уд}$, кВт/т	Q, л/100 км	D
ИЖ-2715	3,83	1,015	32,432	11	0,283
ЕрАЗ-762В	4,00	1,756	23,124	14	0,210
АЗЛК-2335	3,62	0,990	34,540	10	0,283
УАЗ-451ДМ	4,74	1,540	20,752	16	0,294
УАЗ-452	4,74	1,720	20,674	16	0,293
ГАЗ-52-04	5,05	2,520	10,677	22	0,332
ГАЗ-53-12	4,92	3,200	11,274	25	0,274
ГАЗ-3307	4,38	3,200	11,274	24,5	0,274
ГАЗ-53А	5,41	3,250	10,480	25	0,323
ЗИЛ-130	5,03	4,300	10,606	31	0,311
ЗИЛ-431410	4,63	4,175	10,122	31	0,315
ГАЗ-52-07	5,48	2,685	11,932	30	0,306
ГАЗ-3302	4,76	1,980	10,973	24	0,322
ГАЗ-52-27	5,87	2,855	8,973	21	0,280
КАМАЗ-4308	5,33	3,495	10,261	28	0,294

мощность двигателя $N_{уд}$ (кВт/т), контрольный расход топлива Q (л/100 км) и динамический фактор на первой передаче D [2, 3]. Представим удельную трудоемкость ТОР автомобиля в t-м году в виде многофакторной регрессионной модели

$$T_{тор\,t} = \left(b_0 + b_1 G_0 + b_2 N_{уд} + b_3 Q + b_4 D\right)\times \times\left(1+g\right)^{\left(t - T_{сл}/2\right)}, \qquad (2)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 — коэффициенты регрессии; g — темп роста удельной трудоемкости ТОР за год в период эксплуатации, в расчетах рекомендуется принимать g = 0,05—0,08; t — порядковый номер года эксплуатации; $T_{сл}$ — срок службы автомобиля до списания.

Исходными данными для вычисления коэффициентов регрессии является выборка из генеральной совокупности грузовых автомобилей, аналогичных проектируемых. Определим уравнение регрессии $T_{тор}$ для мало- и среднетоннажных грузовых автомобилей грузоподъемностью от 0,5 до 6 т (таблица).

Коэффициенты регрессии определяются методом наименьших квадратов, используя систему нормальных уравнений вида:

$$\begin{cases} nb_0 + b_1\sum_{i=1}^{n} G_{0i} + b_2\sum_{i=1}^{n} N_{удi} + b_3\sum_{i=1}^{n} Q_i + b_4\sum_{i=1}^{n} D_i = \sum_{i=1}^{n} T_{торi}, \\ b_0\sum_{i=1}^{n} G_{0i} + b_1\sum_{i=1}^{n} G_{0i}^2 + b_2\sum_{i=1}^{n} G_{0i}N_{удi} + b_3\sum_{i=1}^{n} G_{0i}Q_i + \\ + b_4\sum_{i=1}^{n} G_{0i}D_i = \sum_{i=1}^{n} G_{0i}T_{торi}, \\ b_0\sum_{i=1}^{n} N_{удi} + b_1\sum_{i=1}^{n} N_{удi}G_{0i} + b_2\sum_{i=1}^{n} N_{удi}^2 + \\ + b_2\sum_{i=1}^{n} N_{удi}Q_i + b_4\sum_{i=1}^{n} N_{удi}D_i = \sum_{i=1}^{n} N_{удi}T_{торi}, \\ b_0\sum_{i=1}^{n} Q_i + b_1\sum_{i=1}^{n} Q_iG_{0i} + b_2\sum_{i=1}^{n} Q_iN_{удi} + b_3\sum_{i=1}^{n} Q_i^2 + \\ + b_4\sum_{i=1}^{n} Q_iD_i = \sum_{i=1}^{n} Q_iT_{торi}, \\ b_0\sum_{i=1}^{n} D_i + b_1\sum_{i=1}^{n} D_iG_{0i} + b_2\sum_{i=1}^{n} D_iN_{удi} + \\ + b_3\sum_{i=1}^{n} D_iQ_i + b_4\sum_{i=1}^{n} D_i^2 = \sum_{i=1}^{n} D_iT_{торi}. \end{cases} \qquad (3)$$

Поставляя данные таблицы и решая данную систему уравнений (3), определяем значения коэффициентов регрессии $b_0 = 4{,}9294$; $b_1 = -0{,}4774$; $b_2 = -0{,}0779$; $b_3 = 0{,}04153$; $b_4 = 5{,}0077$. Тогда регрессионное уравнение удельной трудоемкости грузовых автомобилей грузоподъемностью 0,5—6 т принимает вид:

$$T_{\text{топ}t} = \left(4{,}9294 - 0{,}4774G_0 - 0{,}0779N_{\text{уд}} + \right. \\ \left. + 0{,}0415Q + 5{,}0077D\right)(1+g)^{t-T_{\text{сл}}/2}. \quad (4)$$

Для оценки значимости уравнения (4) была определена остаточная дисперсия, которая характеризует отклонение $T_{\text{ТОР}}$ за счет неучтенных в формуле (2) факторов. По расчетам значение остаточной дисперсии равнялось $S^2_{\text{ост}} = 0{,}129$. Среднеквадратическое отклонение удельной трудоемкости $S_{\text{ост}} = 0{,}359$. Небольшое значение $S_{\text{ост}}$ относительно значений исследуемого фактора $T_{\text{тор}}$ показывает, что регрессионная модель составлена удачно.

Оценка значимости регрессионного уравнения проверялась на основе гипотезы H_0: $b = 0$ о равенстве нулю полученных коэффициентов регрессии. Статистика случайной величины $T_{\text{ТОР}}$ равнялась $F = 12{,}512$. При уровне значимости $\alpha = 0{,}05$, критерий Фишера—Снедекора равно $F_{0{,}05;10;4} = 3{,}48$. Расчетное значение статистики больше, чем критическое значение, $F = 12{,}512 > F_{0{,}05;10;4} = 3{,}48$, следовательно, полученное уравнение регрессии (4) значимо.

Проверка показала, что для уровня достоверности $\alpha = 0{,}1$ все коэффициенты регрессии значимы. Значения статистики t-распределения Стьюдента $t_{\alpha,k}$ для всех коэффициентов регрессии удовлетворяет условию $P(|t| \geqslant t_{\alpha,k}) \geqslant \alpha$, т. е. нулевая гипотеза H_0: $b = 0$ о равенстве нулю коэффициента регрессии отвергается.

Теснота связи результативного признака $T_{\text{ТОР}}$ от принятых факторных признаков оценивалась по выборочному множественному коэффициенту корреляции. Он равнялся 0,9968. Судя по величине множественного коэффициента корреляции $R_{5,1234} = 0{,}9968$, можно утверждать, что удельная трудоемкость ТО и ремонта линейно зависит от выбранных в модели параметров автомобиля. Оценка значимости множественного коэффициента корреляции и его детерминации с помощью F-критерия Фишера показала, что нулевую гипотезу H_0: $\rho^2 = 0$ о равенстве нулю множественного коэффициента корреляции отвергается, коэффициент корреляции значим.

Адекватность регрессионной модели (4) исследуемому процессу была оценена средней ошибкой аппроксимации, величина которой не превышала 0,9 %.

По аналогии вышеописанному алгоритму на основе 12 моделей автомобилей было получено регрессионное уравнение удельной трудоемкости большегрузных автомобилей с грузоподъемностью от 8 до 10 т, которое имеет вид

$$T_{\text{тор}t} = \left(10{,}0261 + 0{,}3738G_0 - 0{,}4144N_{\text{уд}} - \right. \\ \left. - 0{,}0101Q - 0{,}684D\right)(1+g)^{(t-T_{\text{сл}}/2)}. \quad (5)$$

Полученное уравнение (4) было применено для расчета удельной трудоемкости ТОР проектируемого развозного автомобиля КАМАЗ-43XX грузоподъемностью 3,5 т. При расчетах был принят срок службы автомобиля $T_{\text{сл}} = 8$ лет, темп роста затрат на ТОР в год $g = 5$ %. Расчеты по формуле (4) дали следующие результаты удельной трудоемкости по годам эксплуатации, чел·ч/1000 км: $T_1 = 3{,}745$; $T_2 = 3{,}932$; $T_3 = 4{,}129$; $T_4 = 4{,}335$; $T_5 = 4{,}551$; $T_6 = 4{,}779$; $T_7 = 5{,}018$; $T_{\text{ТОР}8} = 5{,}269$. По расчетам за 8 лет эксплуатации удельная трудоемкость на ТОР возрастает на 40 %. Полученное значение не противоречит исследованиям в данной области. Так, в работе [4] отмечается, что затраты на техническое обслуживание и ремонт грузового автомобиля ежегодно увеличивается в сопоставимых ценах на 4—6 % в год.

Полученные регрессионное уравнение (4) и (5) удовлетворяют критериям значимости, адекватно отражают физическую суть эксплуатации грузовых автомобилей. Они позволяют спрогнозировать трудоемкость ТОР проектируемых моделей автомобилей при разработке, определить трудоемкость ТОР за весь срок службы автомобиля, на основании которого определяется производительность, затраты на ТОР, а также другие технико-экономические показатели работы подвижного состава за жизненный цикл.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Понизовкин А. Н., Власко Ю. М., Ляликов М. Б.** Краткий автомобильный справочник. М.: АО "Трансконсалтинг", НИИАТ, 1994. 779 с.
2. **Фасхиев Х. А., Костин И. М.** Обеспечение конкурентоспособности грузовых автомобилей на этапе разработки. Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2001. 349 с.
3. **Фасхиев Х. А., Нуретдинов Д. И.** Экономическая эффективность, качество и конкурентоспособность транспортных средств. Набережные Челны: Изд-во ИНЭКА, 2009. 152 с.
4. **Дажин В. Г.** Использование стандартов по надежности на ремонтном предприятии // Надежность и контроль качества. 1977. № 5. С. 24—31.

УДК 629.3.08

В. В. Лянденбурский, канд. техн. наук, **Ю. В. Родионов,** д-р техн. наук, проф.,
А. А. Нестеров, студент, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
E-mail: dekauto@pguas.ru

ТЕХНОЛОГИЯ БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГАЗОТУРБИННОГО НАДДУВА ДИЗЕЛЕЙ

Одним из наиболее перспективных путей увеличения вероятности безотказной работы газотурбинного наддува дизелей является применение бортового диагностирования автомобилей, в частности, что позволяет оптимизировать транспортный процесс и снизить время простоя автомобилей в зоне технического обслуживания и текущего ремонта.

Ключевые слова: *автомобиль, турбокомпрессор, датчик температуры, бортовое диагностирование, техническое обслуживание.*

One of the most promising ways to increase the probability of failure-free operation of the gas turbine boost car is the use of on-board diagnostics of vehicles, in particular to optimize the transportation process and reduce the time vehicles idle in the maintenance area, and maintenance.

Keywords: *car, turbo, temperature sensor, on-board diagnostics and maintenance.*

Современные автомобили представляют собой нелинейную динамическую систему с множеством узлов и агрегатов. Наиболее сложным агрегатом является двигатель, на долю которого приходится свыше двух третьих всех отказов транспортного средства. Многие из них приводят к невозможности дальнейшей эксплуатации и требуют больших вложений при ремонте. Современное машиностроение при производстве новых моделей и модернизации существующих образцов придерживается таких основных тенденций развития современных двигателей, как снижение выброса токсичных веществ и повышение мощности при снижении расхода топлива.

Это возможно с помощью применения систем газотурбинного наддува и современных систем управления агрегатами мобильных транспортных систем.

В процессе работы турбокомпрессора наблюдается значительный перепад температур. Под воздействием отработавших газов турбина нагревается до температуры 1000 °С, а вторая часть турбины, нагнетающая воздух в надпоршневое пространство двигателя, испытывает температурный нагрев на порядок меньше. Кроме того значительная частота вращения турбины приводит к росту теплонапряженности. Турбокомпрессор смазывается фильтруемым маслом и при его загрязнении происходят повреждения деталей, что приводит к быстрому износу подшипника.

Под воздействием температуры возможно закоксовывание загрязненного масла, что может привести к выходу из строя уплотнений и подшипников.

Таким образом, анализ исследований в области турбонаддува дизелей позволяет заключить, что возможной причиной выхода из строя турбокомпрессора может быть повышение температуры отработавших газов вследствие неисправности системы топливоподачи или попыток самостоятельной регулировки ТНВД. Наиболее распространенные повреждения: перегретые опорные шейки вала ротора, множественные наслоения закоксованного масла, часто наблюдается искривление тыльной плоскости турбинного кольца и даже выкрашивание периферийной части лопаток турбины.

Турбокомпрессор (ТКР) также нередко выходит из строя по причине неисправности какой-либо из систем двигателя. Диагностирование с использованием внешних и встроенных средств контроля позволит определить техническое состояние ТКР без его разборки, прогнозировать его состояние, назначая соответствующие профилактические работы.

Оборудование для диагностирования турбокомпрессора, как и других элементов автомобиля, должно быть надежным и точным в работе. Перспективным является применение систем бортового диагностирования. Преимуществом бортового контроля является возможность устранять неисправность в момент ее возникновения, предотвращая отказ системы.

Система бортового диагностирования позволяет выполнять контроль технического состоя-

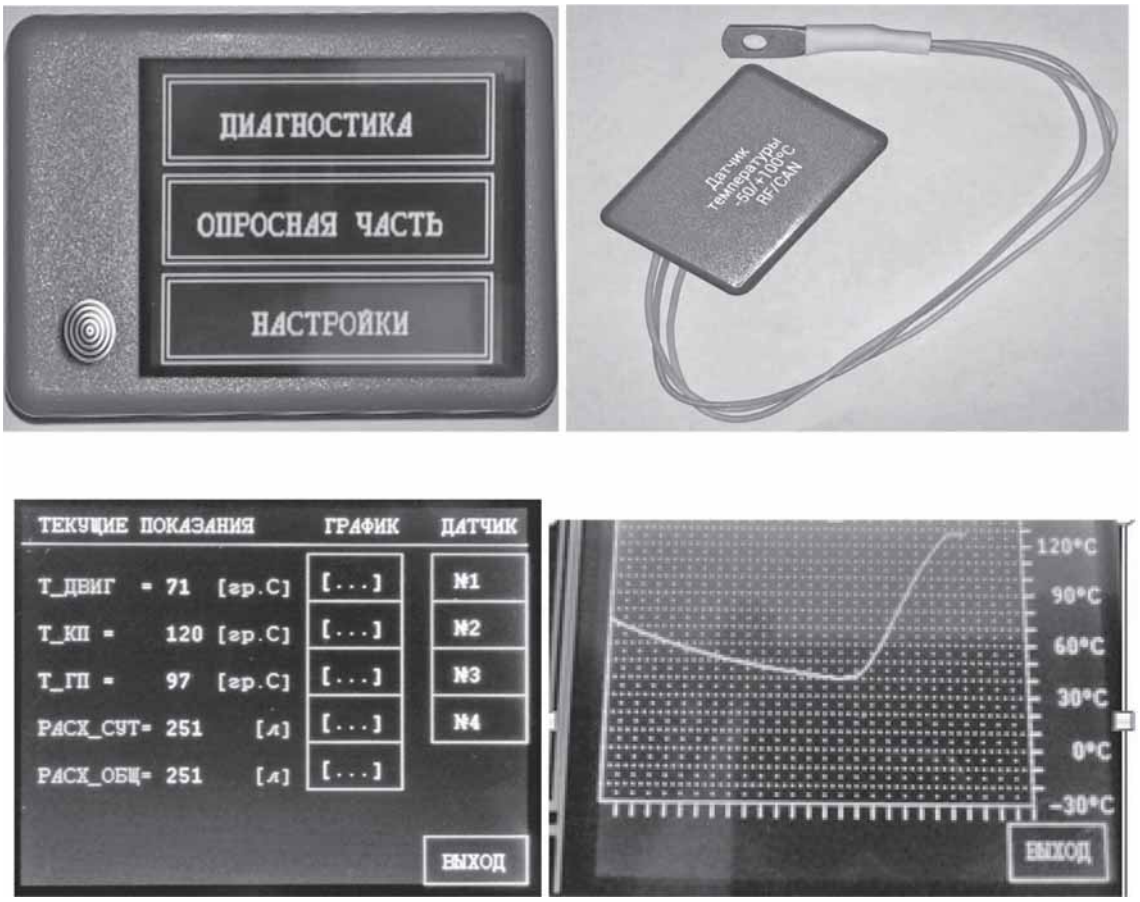

Рис. 1. Бортовая система контроля:

а — корпус бортовой системы контроля; *б* — датчик температуры турбокомпрессора; *в* — текущие показания датчиков; *г* — изменение температуры

ния элементов автомобиля. Имеется возможность определить общую неисправность в турбокомпрессоре с помощью датчика температуры.

Эта цель достигается установкой на корпус турбокомпрессора датчика температуры, благодаря чему появляется возможность отслеживать тенденцию изменения общего состояния турбокомпрессора.

Разработанный макетный образец (рис. 1) системы технического контроля турбокомпрессора состоит из датчика температуры корпуса бортовой системы контроля и интерфейса.

Внедрение температурного датчика турбокомпрессора позволит следить за его состоянием. Если температура превышает допустимые значения в процессе работы турбокомпрессора, то с помощью опросной части, выявляют неисправности элементов турбокомпрессора (рис. 2—9). Предлагаемая система диагностирования обеспечивает практически непрерывный контроль наиболее ответственного агрегата подачи воздуха отвечающего за снижение функциональных качеств, в частности, контроль топливной экономичности и экологичности работы дизеля.

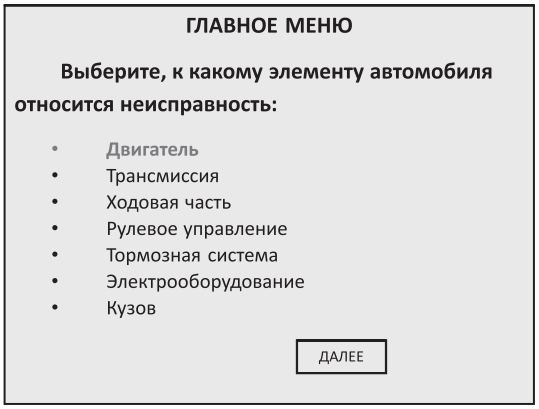

Рис. 2. Главное меню

На рис. 2—9 приводится один из возможных вариантов вопросов, предъявляемых системой пользователю при поиске неисправности турбокомпрессора.

По результату проверки пользователь выбирает вариант ответа в меню. Работа системы заканчивается рекомендациями по устранению неисправности. После обнаружения неисправности система возвращает пользователя в главное меню программы.

Внедрение системы диагностирования турбокомпрессора, позволит снизить количество отказов и повысить надежность этого агрегата.

Двигатель

Выберите, к какой системе двигателя относится неисправность:

- КШМ
- ГРМ
- Система охлаждения
- Система питания
- Система смазки
- Система зажигания

ДАЛЕЕ

Рис. 3. Выбор системы автомобиля

Двигатель

Выберите, к какому элементу системы питания относится неисправность:

- Топливная система высокого давления
- Топливная система низкого давления
- Система подачи воздуха
- Система отработавших газов

ДАЛЕЕ

Рис. 4. Выбор элемента двигателя

Двигатель

- **Выберите, к какому элементу системы подачи воздуха относится неисправность:**

- Воздушный фильтр
- ТКР
- Воздухопроводы

ДАЛЕЕ

Рис. 5. Выбор элемента топливной системы высокого давления

Двигатель, ТКР

Выберите, признаки неисправности

- Двигатель не развивает полную мощность
- Черный дым из выхлопной трубы
- Синий дым из выхлопной трубы
- Повышенный расход масла
- Шумная работа турбокомпрессора
- Повышенная тепловая напряжённость ТКР

ДАЛЕЕ

Рис. 6. Выбор системы узла автомобиля

Двигатель, ТКР

Наиболее вероятные причины неисправностей:

- Уменьшение количества энергии, поступающей с ОГ от двигателя
- Нарушение герметичности воздуховодов
- Нарушение герметичности байпасного клапана
- Нарушение в работе соплового аппарата (закольцовывание газов)
- Наличие повышенного сопротивления вращению вала турбокомпрессора.
- Наличие механических повреждений на турбинном колесе
- Наличие механических повреждений на компрессорном колесе

ДАЛЕЕ

Рис. 7. Выбор характерного признака автомобиля

Двигатель, ТКР

- Нарушение герметичности воздуховодов

- Проверить состояние подшипников

ГОТОВО

Рис. 8. Определение неисправности

Двигатель, ТКР

появление отказа ТКР может быть следствием:

- недостаточного количества масла;
- попадания в турбокомпрессор посторонних предметов;
- наличия загрязненного масла;
- нарушений в нормальной работе отдельных систем двигателя (топливоподачи, очистки воздуха, воздухоподводящих каналов и др.).

Рис. 9. Следствия появления отказа ТКР

Полученные результаты использовались при разработке и реализации научно-исследовательской работы "Разработка встроенной системы диагностирования" по договору № 15.58 от 25 января 2015 г.

Результаты работы внедрены в ООО "ПланетТрансСтрой" г. Пензы, широко используются в учебном процессе Пензенского ГУАС при подготовке инженеров, бакалавров и магистров автомобильных специальностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Агеев Е. В., Севостьянов А. Л., Прлиреpв Ю. В.** Проблемы и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей: монография. — Пенза: ПГУАС, 2014. — 200 с.
2. **Лянденбурский В. В., Тарасов А. И., Федосков А. В., Кривобок С. А.** Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. — 2011. — № 4. — С. 3—9.
3. **Лянденбурский В. В., Тарасов А. И., Федосков А. В.** Эффективность применения систем диагностирования и саморегулирования при эксплуатации автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. — 2011. — № 1. — С. 51—56.
4. **Кривобок С. А., Лянденбурский В. В., Тарасов А. А., Федосков А. В.** Анализ неисправностей топливных систем дизельных автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. — 2011. — № 3. — С. 3—11.
5. **Лянденбурский В. В., Родионов Ю. В., Кривобок С. А., Мнекин П. А.** Морфологический анализ методов поиска неисправностей транспортных средств // Интернет-журнал Науковедение. — 2012. — № 4 (13). — С. 84.
6. **Лянденбурский В. В., Тарасов А. И., Кривобок С. А.** Программа поиска неисправностей дизельных двигателей // Контроль. Диагностика. — 2012. — № 8. — С. 28—33.
7. **Лянденбурский В. В., Баженов А. В., Коновалов В. В.** Основы научных исследований: учебное пособие. — Пенза: ПГУАС. — 2011. — 248 с.
8. **Лянденбурский В. В., Родионов Ю. В., Кравченко Е. В.** Система контроля передвижения автомобиля // Автотранспортное предприятие. — 2012. — № 2. — С. 24—28.
9. **Лянденбурский В. В., Родионов Ю. В., Кривобок С. А.** Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем // Автотранспортное предприятие. — 2012. — № 11. — С. 45—48.
10. **Лянденбурский В. В., Долганов Л. А.** Анализ удельных затрат и эффективности применения вероятностно-логического метода поиска неисправностей для автомобилей КАМАЗ // Мир транспорта и технологических машин. — 2013. — № 3. — С. 3—8.
11. **Лянденбурский В. В., Кривобок С. А., Кучин И. В.** Анализ первичных неисправностей топливной аппаратуры дизелей // Мир транспорта и технологических машин. — 2013. — № 4. — С. 21—27.
12. **Лянденбурский В. В., Нефедов М. В., Боровков В. Н.** Встроенная система диагностирования коробки передач автомобилей // Науковедение. — 2014. — № 5. — С. 1—11.
13. **Лянденбурский В. В., Иншаков А. П., Курбаков И. И., Кувшинов А. Н., Судьев В. В.** Встроенная система диагностирования турбокомпрессоров дизелей // Науковедение. — 2015 — Т. 7, № 4. — С. 16.
14. **Лянденбурский В. В., Родионов Ю. В., Иванов А. С., Симанчев Д. А.** Сигнализатор технического состояния автомобилей на автотранспортном предприятии // Мир транспорта и технологических машин. — 2010. — № 4.— С. 20—26.
15. **Лянденбурский В. В., Иванов А. С., Родионов Ю. В., Кравченко Е. В.** Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя // Мир транспорта и технологических машин. — 2012. — № 4 (39). — С. 3—8.
16. **Лянденбурский В. В., Проскурин А. И., Рыбакова Л. А.** Коэффициент издержек вероятностно-логического метода поиска неисправностей // Науковедение. — 2013. — № 3. — С. 1—7.
17. **Лянденбурский В. В., Долганов Л. А.** Анализ удельных затрат и эффективности применения вероятностно-логического метода поиска неисправностей для автомобилей КАМАЗ // Мир транспорта и технологических машин.— 2013. — № 3. — С. 3—8.
18. **Лянденбурский В. В., Кривобок С. А., Кучин И. В.** Анализ первичных неисправностей топливной аппаратуры дизелей // Мир транспорта и технологических машин. — 2013. — № 4. — С. 21—27.
19. **Лянденбурский В. В., Тарасов А. И., Федосков А. В.** Эффективность применения систем диагностирования и саморегулирования при эксплуатации автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. — 2011. — № 1. — С. 51—56.
20. **Лянденбурский В. В.** Встроенные средства для контроля работоспособности и перемещения автомобилей /моногр. — Пенза: ПГУАС, 2010. — 112 с.
21. **Обшивалкин М. Ю., Паули Н. В., Родионов Ю. В.** Исследование влияния затрат грузовых автомобилей с наработкой // Мир транспорта и технологических машин. — 2011. — № 3. — С. 14—20.
22. **Борщенко Я. А.** Разработка метода диагностирования автомобильных дизелей по неравномерности вращения коленчатого вала: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. — Тюмень, 2003. — 175 с.
23. **ГОСТ 20760—75.** Техническая диагностика. Общие положения о порядке разработки систем диагностирования. — М.: Изд-во стандартов, 1975. — 4 с.
24. **ГОСТ 20911—89.** Техническая диагностика. Термины и определения. — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 13 с.
25. **Кувшинов А. Н.** Повышение эффективности диагностирования систем газотурбинного наддува двигателей мобильной сельскохозяйственной: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03. — Саранск, 2013. — 151 с.
26. **Илюхин А. Н.** Применение нечеткой логики в автоматизированной системе испытаний дизельных двигателей с использованием метода Саати: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. — Набережные Челны, 2009. — 122 с.

УДК 621.436

А. Ф. Смык, Л. В. Спиридонова, А. А. Спиридонов, МАДИ
E-mail: afsmyk@mail.ru

ГУСТАВ ЛИСТ — ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Рассмотрена изобретательская деятельность саксонского подданного Г. И. Листа, внесшего значительный вклад в развитие отечественного машиностроения. Он построил в Москве два крупных машиностроительных завода, производивших пожарное оборудование, паровые машины и турбины. В 1886 г. Г. И. Лист вместе с инженером-механиком В. Листом и крестьянином Я. Казаковым подали прошение о выдаче им привилегии на двухтактный керосиновый двигатель. Это изобретение было сделано в период наибольшей активности изобретательской деятельности в России по созданию легких карбюраторных двигателей.

Ключевые слова: *Густав Лист, отечественное машиностроение, привилегия, двигатель внутреннего сгорания.*

Inventive activity of a Saxon citizen G. I. List who made a significant contribution to the development of domestic machine building is considered. He built, two large machine building plants, which produced fire-fighting equipment, steam engines and turbines in Moscow. In 1886 G. I. List with a mechanical engineer V. List and a peasant Y. Kazakov filed a petition for granting them privileges for a two-stroke kerosene engine. This invention was made in the period of the greatest inventive activity in Russia in the field of light gasoline engines production.

Keywords: *Gustav List, domestic machine building, privilege, internal combustion engine.*

Саксонский подданный с русской душой

В начале XX века имя Густава Ивановича Листа было широко известно в России как владельца крупных машиностроительных заводов, выпускавших пожарные и мельничные насосы, химические огнетушители, пожарные рукава, бочки на конных повозках, паровые машины, оборудование и трубы для водонапорных башен железнодорожных водокачек всей транспортной сети России, чугунные канализационные люки, пневматические сирены. Для военно-морского ведомства завод поставлял турбины, насосы, помпы — оборудование Густава Листа стояло на "Варяге", "Авроре", "Потемкине", "Ослябе", "Петропавловске" и других кораблях российского флота [1]. В 1896 г. завод Г. Листа выпустил две паровые пожарные машины полностью отечественного производства. С продукции предприятий Листа в 1907 г. было положено начало эры пожарных автомобилей в России.

Г. И. Лист (1835—1913)

Густав Иванович Лист родился в 1835 г. в Берлине в многодетной семье известного книготорговца Иоганна Листа. Он был младшим. Средств на обучение не хватало, поэтому его отдали в кузнечную мастерскую подмастерьем. Профессиональную подготовку он получил в Америке. Там в совершенстве освоил токарное дело, изучил литейное производство. В 1856 г. Лист по приглашению своего брата Адольфа, строившего на юге России первые сахарные заводы,

поступил механиком на сахарный завод в имении А. Д. Черткова в Воронежской губернии [2]. Тут он заработал свой первоначальный капитал распилкой сахара, проявив способности предпринимателя и рационализатора. До того сахар в России продавали большими "головами", завернутыми в синюю бумагу. Колоть его приходилось самим потребителям. Лист впервые предложил расфасовывать сахар небольшими аккуратными кусочками. Там же, в Воронеже в 1856 г. Г. Лист изготовил свой первый пожарный насос и оборудовал сельский пожарный обоз для тушения пожаров на территории завода и в окрестностях. Известность и успех пришли к Густаву Листу как изобретателю и производителю пожарного оборудования: пожарных насосов, огнетушителей, пожарных автомобилей и создателя первых в России пожарных команд.

С 1863 г. саксонский подданный Густав Лист живет в Москве. На Софийской набережной был построен особняк, в котором жила семья и располагалась контора акционерного общества. Фасад выходил на Москва-реку и Кремль. На воротах красовалась вывеска "Густавъ Листъ", а по бокам стояли статуи кузнеца и литейщика (рис. 1). После Октябрьской революции национализированный завод на Софийской набережной стал называться "Красный факел" и продолжал производить противопожарное оборудование, затем стал выпускать промышленные холодильники (рис. 2).

Уже в 1863 г. пожарные трубы механической мастерской Листа были удостоены золотой медали Русского Технического общества. В дальнейшем наградной список Густава Ивановича и его заводов стал весьма внушительным и насчитывал к 1914 г. почти шесть десятков только высших наград, тысячи благодарственных адресов, писем и свидетельств со всех концов мира (рис. 3).

Рис. 1. Софийская набережная, 12. Особняк, в котором жила семья Листа и располагалась контора акционерного общества

Рис. 2. Фотография 1980-х гг. Софийская набережная, 12

Густав Лист стал подданным Российской Империи только в 1896 г. За свои заслуги по развитию промышленности и торговли получил звание купца первой гильдии, затем в 1896 г. — звание коммерции советника, а в 1911 г. — чин статского советника. Г. Лист являлся учредителем и почетным членом Комиссаровского технического училища. Создание этого училища в Москве относится к 1867 г., когда по инициативе московских промышленников была учреждена ремесленная школа с трехгодичным сроком обучения, преобразованная затем в техническое училище с пятилетним сроком обучения [4]. В доме Листа на Софийской набережной бывали братья Нобели, известные предприниматели и изобретатели, основатели знаменитых машиностроительных заводов, среди которых завод "Русский дизель", а также изобретатель электрической свечи, внесший большой вклад в развитие электротехники, П. Н. Яблочков. Проявляя постоянный интерес к развитию техники, Г. Лист занимался вопросами усовершенствования и изобретения различных технических устройств, в том числе двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Он стал основателем инженерной династии: его сын и внук окончили Императорское Московское техническое училище, стали известными инженерами уже в советское время.

О том, каким хозяином был для своих мастеров и рабочих Густав Лист, остались воспоминания современников [1—3]. Он ценил в своих людях прежде всего профессионализм и порядочность. На инженерные должности нанимал только медалистов высших технических училищ, давал им возможность повышения образования — посылал практиковаться на механические и литейные заводы в Германию, Англию и Америку.

Рис. 3. Реклама машиностроительных заводов "Густав Лист"

Пример — инженер-механик Александр Александрович Бурдаков, окончивший Императорское Московское техническое училище (ИМТУ) в 1896 г. Он работал конструктором на "Бутырском машиностроительном заводе Густава Листа". Или инженер-механик Евгений Иванович Иванов, окончивший ИМТУ в 1900 г. и работавший инженером на заводе Листа на Софийской набережной [2]. Конструкторский отдел и чертежное бюро длительное время возглавлял специалист высочайшей квалификации, инженер-механик, профессор Александр Александрович Гетье, выпускник ИМТУ 1887 г., впоследствии с 1899 г. преподаватель машиностроения в ИМТУ, МВТУ, специалист по проектированию насосов и паровых машин, проектированию деталей машин и кранов [2].

Г. И. Лист создал на заводе уникальную техническую библиотеку и архив. Первым в Москве открыл при заводоуправлении самое большое по тем временам конструкторское бюро на 12 человек и при нем школу чертежников для учеников рабочих. За посещение занятий подросткам доплачивал. К мастерам и рабочим был строг, требователен, но справедлив. Известен случай, когда рабочий не смог изготовить по техническому заданию сложную деталь. Хозяин сам выточил ее на станке и уволил токаря, объявив, что на его заводе не дают невыполнимых для специалиста заданий. На производство Г. Лист предпочитал набирать и обучать расторопных крестьян, в основном одного Можайского уезда, с двумя ответственными рекомендациями уже работающих на заводе земляков. Хозяин, сам лютеранин, всячески укреплял на заводе православную веру. Например, перед парадным входом на каждое его предприятие висели иконы.

В 1905 г. было издано отдельной книгой стихотворение "Хозяин и токарь", написанное одним из работников Акционерного общества "Густав Лист" С. Т. Пановым [5]. Это стихотворение интересно тем, что было написано по случаю 40-летнего юбилея токаря Д. Н.Мельникова, работавшего на предприятии Листа. В этом незамысловатом стихотворении содержится рассказ о том, как некий крестьянин пришел к хозяину завода наниматься на работу, продемонстрировал свои способности и получил место токаря. Автор прославляет хозя-

ина — Густава Ивановича, у которого много лет трудится токарь. В стихотворении говорится о широкой известности имени Г. И. Листа, который основал машиностроительные заводы не только в Москве, но и в Баку:

"Так сорок лет трудилися
Хозяин тот с работником,
Не покладая рук,
И дельце у них малое
Расширилось, раздвинулось
Раскинулось вовсю.
И тот заводик маленький,
Где этот токарь изнялся
Давно забыт, разрушенный.
Теперь же у хозяина
Громадных два заводища
С машинами прекрасными,
Из-за границы взятыми,
И имя-то хозяина
По всей Руси гремит,
По всей России-матушке,
От Питера до Каспия,
Куда ни погляди" [5].

Привилегия на двухтактный керосиновый двигатель

Отказавшись от парового котла, который являлся наиболее громоздкой и дорогой частью паросиловых установок, двигатель внутреннего сгорания (ДВС) стал новым и экономичным двигателем [6]. Начиная с 1860 г., в разных странах усилия изобретателей по созданию подобных двигателей с лучшими параметрами были сконцентрированы вокруг поиска наиболее рационального термодинамического цикла, конструкции и расположения поршней, используемой горючей смеси, системы поджига и регулировки подачи горючей смеси.

О том, как развивалось отечественное машиностроение в последней четверти XIX века пишет М. Горький в своих газетных очерках, посвященных Всероссийской торгово-промышленной и художественной выставке 1896 г. [7]. Если на предыдущих выставках в 1870 и 1872 гг. эта отрасль, пишет Горький, была представлена в зачаточном состоянии, то в 1882 г. было представлено множество экспонатов, произведенных на заводах Бромлея, Поле, Листа и других, но при этом "двигателей газовых, керосиновых и других на выставке 1882 г. не было". У внедрения на российских предприятиях привилегий (патентов) на изобретения ДВС был тернистый путь: отсутствие технически образованных частных предпринимателей, отсутствие специализации производства, огромные территории с разбросанными производствами однообразного характера, тяжелые условия получения государственного кредита небольшими частными предприятиями и т. д.

Российская привилегия № 14256 от 11 июля 1895 г. была выдана саксонскому подданному Г. Листу, инженеру-механику В. Листу и крестьянину Я. Казакову [8]. Привилегия выдана на 10 лет на двухтактный керосиновый двигатель. Сведения об этом изобретении находятся в систематической картотеке фонда Российского Государственного исторического архива (РГИА) "Комитет по техническим делам Министерства торговли и промышленности" за 1868—1896 гг.

История изобретения Г. Листа и его работников относится к периоду, когда изобретатели первых двигателей внутреннего сгорания — Г. Даймлер и Ж. Ж. Э. Ленуар получили российские привилегии (1885 г.) на свои усовершенствования в ДВС. Последняя четверть XIX века — это время "взрыва" инженерных идей во всем мире по созданию легких карбюраторных ДВС. Для патентов не существовало границ, изобретатели старались получить патенты на свои изобретения одновременно в нескольких странах. Так, в России почти одновременно с Германией немецкий изобретатель Г. Даймлер получил патент на "повозку или сани с газовым или керосиновым двигателем" [9]. Бельгийский подданный Э. Ленуар получил российский патент № 14280 "на локомобиль, действующий карбюрированным воздухом или светильным газом" [10].

В фондах РГИА хранятся два дела, связанные между собой благодаря имени Густава Листа. Первое — это прошение крестьянина московской губернии Я. И. Казакова на "двигатель, работающий карбонизированным воздухом". Это прошение поступило 27 февраля 1886 г., а спустя совсем короткое время, 20 декабря 1886 г., поступило новое прошение о "выдаче на 10 лет привилегии саксонскому подданному Г. Листу, инженеру-механику В. Листу и крестьянину Я. Казакову на двухтактный керосиновый двигатель" [11]. Привилегия крестьянину Якову Ивановичу Казакову после оплаты пошлины в размере 450 рублей была выдана. Сведений о том, что крестьянин Казаков трудился на заводе "Густав Лист" не имеется, но второе прошение, в котором записаны три автора, в том числе крестьянин Казаков, позволяет сделать такой вывод.

Но почему в первом прошении нет фамилии хозяина завода — Густава Листа? Можно

только предполагать, что идея принадлежала, действительно, крестьянину Я. Казакову и Г. Лист не посчитал возможным ставить свою фамилию. В дальнейшем он вместе с инженером-механиком В. Листом усовершенствовал идею Я. Казакова, воплотив ее в работающий двигатель. Соавтор изобретения В. Лист — это Виктор Федорович Лист, окончивший Императорское техническое училище (ИМТУ) с квалификацией инженер-механик в 1884 г. и работавший инженером акционерного общества Густав Лист" [12].

На прошение, поданное Г. Листом, В. Листом и Я. Казаковым в 1886 г., привилегия № 14256 была выдана 11 июля 1895 г. (эта дата и номер привилегии стоят на чертежах). В описании прошения написано: "Предмет изобретения — двухтактный (одно- и двухцилиндровый) керосиновый двигатель, характеризующийся как особым способом действия, так и устройством распределительного, регулирующего и других механизмов".

Изобретение Г. Листа, В. Листа и Я. Казакова. связано с усовершенствованиями стационарного карбюраторного двигателя, у которого в качестве топлива используется керосин. Один из первых карбюраторов, в котором топливо распыляется, смешивается с воздухом и подается в цилиндр, был разработан Г. Даймлером. В изобретении Листа в газообразователе образуется смесь нефтяного газа (паров и пульверизированного керосина), которая переходит в сжигательное пространство цилиндра, где она сжимается поршнем и воспламеняется. В течение рабочего хода поршня воздух выталкивается в особый собиратель, а по достижению мертвой точки газообразные продукты горения удаляются через выпускные отверстия цилиндра с помощью воздуха, выпускаемого из собирателя. Распределительный механизм приводит в действие керосиновую помпу и производит своевременное запирание и открывание клапана в газообразователе, а также воздуховпускного и воздухоперепускного клапанов, притом в такой зависимости от регулятора, что при слишком быстром ходе двигателя прекращаются одновременно: движение поршня керосиновой помпы и открывание клапана в газообразователе и воздухоперепускного клапана, так что образование новых порций взрывчатой смеси во взрывном пространстве цилиндра становится невозможным.

Заключение

Большой процент выдаваемых в России привилегий в последней четверти XIX века не имел существенного промышленного значения. Как правило, они являлись лишь рекламой способностей данного владельца привилегии, без надежды "на извлечение прибыли при помощи исключительного пользования указанными в них изобретениями" [13]. История привилегии, выданной Густаву Листу, является исключением из этого правила, поскольку ее получил владелец машиностроительных заводов, выпускавших стационарные ДВС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **История техники**. Энциклопедия индустриального мира. Заводы Империи — Густав Лист (Москва). http://www.leanok.ru/2015/04/gustav-list.html
2. **Коршунов С. В.** Промышленники, купцы, инженеры Листы. В кн.: Русская система обучения ремеслам. Истоки и традиции. Т. II. — М.: НОЦ "Контролинг и управленческие инновации" МГТУ им. Н. Э. Баумана; ООО "Высшая школа Инженерного бизнеса", 2016. — С. 131—162.
3. **Мемуары принцессы** — золушки. Воспоминания Елены Николаевны Ивановой (в девичестве Лист). Франция. 1940—50-е гг. Из архива Марии Георгиевны Риттер / В обработке Виктора Родионова. Техническая поддержка — Марк Найдич. ЧАЙКА № 1 (12), опубликовано 9 января 2014 г. http://www.chayka.org/node/285
4. **Приходько В. М., Смык А. Ф.** Становление высшего автомобильно-дорожного образования в России: монография. — М.: МАДИ, 2015. — 164 с.
5. **Панов С. Т.** Хозяин и токарь. Юбилейное стихотворение, читаное автором 5 декабря 1904 г. на Софийском заводе акционерного общества Густав Лист — по поводу 40-летнего юбилея токаря Д. Н. Мельникова. — М., 1905. — 12 с.
6. **Смык А. Ф., Спиридонова Л. В., Спиридонов А. А.** Из истории создания отечественных двигателей внутреннего сгорания // История науки и техники. — 2015. — № 11. С. 24—32.
7. **Горький М.** Машинный отдел // Нижегородский листок. — 1896. —№ 226 от 17 августа; № 229 от 20 августа.
8. **РГИА** (Российский государственный исторический архив). Ф. (фонд) 24, оп. (опись) 4, д. (дело) 875.
9. **РГИА.** Ф. 24, оп. 4, д. 143.
10. **РГИА.** Ф. 24, оп. 4, д. 248.
11. **РГИА**. Ф. 24, оп. 4, д. 649.
12. **Список выпускников** и преподавателей ИМТУ, ММИ, МВТУ, МГТУ с 1865 до 2012 г. http://www. people.bmstu.ru
13. **Катков В. Д.** О привилегиях (патентах) на промышленные изобретения. — Харьков, 1902.

ПРЕСС-ТУР
ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

В ГОСТЯХ У ПРЕЗИДЕНТА СЕНЕГАЛА

Генеральный директор ПАО "КАМАЗ" Сергей Когогин встретился в Дакаре с президентом Республики Сенегал Маки Саллом.

На встрече были обсуждены перспективы поставок автотехники КАМАЗ в Сенегал и вопросы финансирования проектов, представляющих взаимный интерес. Кроме того, в рамках визита состоялась конференция, на которой выступили представители ассоциаций рыбной промышленности, сельского хозяйства, животноводства Сенегала.

"Сотрудничество КАМАЗа и Республики Сенегал имеет долгую историю. Поставки автотехники КАМАЗ в эту страну ведутся с 2003 г., и я рад возможности продолжить наш диалог по развитию и совершенствованию деловых отношений", — отметил Сергей Когогин. Руководитель автогиганта рассказал, что автомобили КАМАЗ нового модельного ряда сегодня востребованы во всех отраслях промышленности России и регионах с различными климатическими условиями. Камазовская автотехника может быть эффективно использована и в составе автопарков предприятий Сенегала. Сергей Когогин выразил уверенность, что автомобили проявят свои возможности в разных секторах промышленности страны, которые сегодня активно развиваются.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

СИСТЕМА ОБРАТНОГО ВЫКУПА

Торгово-финансовая компания "КАМАЗ" планирует реализовать до тысячи грузовиков по системе обратного выкупа buy back.

Систему продаж buy back КАМАЗ презентовал год назад. Суть метода заключается в том, что продав новый автомобиль, предприятие, спустя некоторое время, выкупает его у клиента обратно по остаточной стоимости. По словам генерального директора Торгово-финансовой компании "КАМАЗ" Андрея Игнатьева, такое стимулирование продаж вполне оправдывает себя. "Многие компании, приобретя автомобиль четыре-пять лет назад, понимают: ресурс исчерпан, начинаются определенные издержки, технику надо менять, — пояснил Игнатьев. Поэтому данный метод мы развиваем и осуществляем проект продаж через дилерские центры КАМАЗ".

В ТФК сформировалось новое направление — продажи на вторичном рынке. Как считает Андрей Игнатьев, автомобили с пробегом востребованы даже больше новых. "Не буду скрывать, в первую очередь, покупателей привлекает цена, к тому же наше время очень динамичное, бизнесу требуется разная техника: сегодня — самосвал, завтра — емкостно-наливная машина, — отмечает руководитель ТФК. — Все считают деньги и решают, что на данный момент выгоднее: взять новую технику или машину б/у под какие-то конкретные задачи".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ПЕРВЫЕ СПГ-КАМАЗЫ

ПАО "КАМАЗ" готовит к передаче подразделениям "Газпрома" первую партию автомобилей, работающих на сжиженном природном газе (СПГ).

При сопоставимых ценах основное конкурентное преимущество СПГ-автомобилей перед грузовиками, работающими на компримированном (сжатом) природном газе (КПГ) — объем и количество топливных баков. Если у первых он один и обеспечивает запас хода до 700 км, то КПГ-автомобили для того же пробега должны использовать около 13 штатных баллонов. Это не только заметно утяжеляет грузовик, снижая массу полезной нагрузки, но и требует удлиненной рамы, чтобы вместе с кузовом уместить на ней еще и сами баллоны.

В опытную эксплуатацию из НТЦ будут отправлены два КАМАЗа-65117-37 и один КАМАЗ-65116-37. Это именно те две модели грузовиков, работающие на СПГ, которые первыми в России прошли сертификацию.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

В СОТНЕ ЛУЧШИХ ТОВАРОВ

Полуприцеп-цистерна НЕФАЗ-96896 стал победителем Всероссийского конкурса Программы "100 лучших товаров России".

Данная модель производится на заводе "НЕФАЗ", который является дочерним предприятием "КАМАЗа" в Башкортостане. Полуприцеп-цистерна НЕФАЗ-96896 для транспортирования и кратковременного хранения нефтепродуктов емкостью 30 000 л был признан лучшим в номинации "Продукция производственно-технического назначения". Церемония награждения призеров Программы "100 лучших товаров России" проходила в Москве. В конкурсе приняли участие около 1700 отечественных предприятий и около 3000 товаров и услуг.

Основные критерии оценки — качество и конкурентоспособность, внедрение прогрессивных технологий, рост объемов производства и реализации товара, оптимальное соотношение цены и качества. Существенную роль также играют инновационный подход и работа в области импортозамещения.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ПРОГРАММА БИРЖЕВЫХ ОБЛИГАЦИЙ

Совет директоров ПАО "КАМАЗ" утвердил Программу биржевых облигаций ПАО "КАМАЗ" серии 001Р и Проспект ценных бумаг, размещаемых в рамках Программы биржевых облигаций серии 001Р.

Средства от размещения биржевых облигаций предполагается использовать для рефинансирования кредитной задолженности, пополнения оборотного капитала и финансирования инвестиционной программы предприятия, предусматривающей финансирование проектов по развитию нового модельного ряда КАМАЗ и технологическому перевооружению производства под его выпуск.

Программа биржевых облигаций является удобным механизмом привлечения финансирования. Предусмотренный Программой биржевых облигаций объем размещаемых выпусков может составить до 30 млрд руб. со сроком погашения до 5460 дней с момента размещения каждого выпуска.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

НОВЫЕ ТЯГАЧИ ДЛЯ "МОНОПОЛИИ"

Первая партия флагманских седельных тягачей MAN TGX была отгружена перевозчику из Санкт-Петербурга, компании "Монополия". Отгрузка стала первой поставкой клиенту в 2017 г.

Один из лидеров рынка температурной логистики — компания "Монополия" — приобрела полтора десятка флагманских седельных тягачей MAN TGX 18.400. Поставка стала первой в ряду запланированных на 2017 г. Седельные тягачи магистральной серии TGX с широкими высокими кабинами будут работать на маршрутах в европейской части России и на Урале, осуществляя перевозки продовольственных грузов для предприятий сетевого ритейла и FMCG-компаний.

Поставка выполнена при финансовом участии компании "Фольксваген Груп Финанц", позволившей обеспечить клиенту индивидуальные условия финансирования. Сделка осуществлена на условиях индивидуального ценообразования с финансированием кэптивной лизинговой компании. Короткие сроки поставки техники позволили клиенту оперативно удовлетворить потребность в дополнительных единицах подвижного состава. Спецификация автомобилей включает надежные и производительные двигатели MAN стандарта Евро 5, которые способствуют оптимизации затрат на содержание грузовиков вследствие снижения расхода топлива, а также просторные кабины XLX и кондиционеры с автоматической регулировкой температуры, что увеличивает производительность труда водителей благодаря лучшим условиям работы.

"Монополия" — ведущая компания отрасли рефрижераторных грузоперевозок. Парк предприятия насчитывает более 600 ед. седельных тягачей. Отгруженные MAN TGX стали первым поступлением автомобильной техники мюнхенского бренда в парк компании.

Генеральный директор "Монополия Логистик" Юрий Слабыня отмечает: "Мы долго присматривались к технике MAN и, наконец, приняли положительное решение в пользу закупки партии магистральных тягачей из топовой серии TGX. Выбор всегда делать непросто, но предложенный пакет решений в области финансирования, сроков поставки и сервиса оказался выгодным, не говоря о достоинствах самих автомобилей. Мы планируем протестировать все преимущества MAN: надежность и экономичность грузовиков, а также авторизованный сервис, доступный в наиболее важных для бизнеса регионах страны".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГРУЗОВИКИ

В конце 2017 г. MAN предоставит компаниям — участникам CNL тестовые грузовые электромобили для первых испытаний.

Консорциум CNL планирует с 2020 г. перейти на электрические грузовики для внутригородских и пригородных развозных рейсов.

MAN и CNL начинают внедрение электрической тяги в классах среднего и большегрузного развозного транспорта с разрешенной массой от 12 до 26 т. Протокол о намерениях между компаниями — участниками CNL и MAN Truck & Bus был подписан на заводе MAN в австрийском г. Штеер, где MAN выпускает автомобили серий TGL и TGM. Начало выпуска MAN TGM на электрической тяге запланировано на конец 2018 г.

"Здесь находится Центр специализированных разработок грузовых автомобилей, поэтому именно австрийский завод — наиболее подходящая площадка для выпуска первых электрических грузовиков MAN. Компании консорциума CNL испытают эти электромобили в регулярных рейсах", — отмечает Йоахим Дреес (Joachim Drees), председатель правления MAN Truck & Bus.

15 крупнейших австрийских компаний в сфере торговли, логистических услуг и производства учредили Совет по устойчивой логистике (CNL), чтобы сделать шаг вперед в области повышения надежности снабжения.

"Партнерство с CNL откроет для MAN прекрасную возможность развить и усовершенствовать существующую технологию, опираясь на практический опыт участников консорциума. Нам также будет легче адаптировать портфель новых продуктов к потребностям клиентов", — говорит д-р Карстен Интра (Carsten Intra), член Совета директоров MAN, отвечающий за НИОКР, производство и логистику.

С ноября 2017 г. эксплуатацию тестовых автомобилей начали девять партнеров по консорциуму CNL: Gebrüder Weiss, Hofer, Magna Steyr, METRO, Quehenberger, REWE, Schachinger, SPAR и Stiegl.

Пресс-служба компании MAN

FAW — ЛИДЕР

В 2016 г. китайская компания FAW реализовала в России на 15 % больше грузовиков по сравнению с 2015 г. Доля продаж FAW среди китайских брендов составила 66 %. Таким образом, по итогам года FAW стала ведущей китайской маркой на российском рынке новых грузовиков.

Самой популярной моделью в России стал FAW CA 3250. За 2016 г. доля продаж этого автомобиля составила 52 % всех реализованных в России грузовиков FAW.

"Российский рынок грузовиков восстанавливается после кризиса, чему способствуют стабилизация экономики, укрепление рубля, а также устаревшие автопарки пользователей коммерческого транспорта. В этом году наш план предполагает продажу более чем 300 грузовиков. В ближайшие 2—3 года мы планируем выводить на российский рынок новые модели, в 2017 г. будут доступны новые модификации на базе имеющихся моделей автомобилей. Все продающиеся в РФ грузовики FAW отвечают стандарту Евро 5, — отмечает Алексей Лазарев, менеджер по рекламе и маркетингу компании ООО "ФАВ-Восточная Европа".

FAW занимает первое место на рынке грузовиков в Китае, где по итогам 2016 г. компания реализовала 214 тыс. автомобилей. Прирост ее продаж по сравнению с 2015 г. составил около 54,3 %.

Пресс-служба компании FAW

ФИНАЛИСТ КОНКУРСА

Компания JMG Cranes названа финалистом конкурса на соискание премии Swedish Steel Prize 2017 г. за разработку лучшего в своем классе крана-манипулятора MC 580, отличающегося повышенной полезной нагрузкой и легкостью в транспортировке.

Международная премия Swedish Steel Prize присуждается за выдающиеся достижения в проектировании и инновационных разработках изделий из стали для различных областей применения. Итальянская компания JMG Cranes стала одним из четырех финалистов конкурса этого года, который завершился церемонией вручения премии в Стокгольме.

"В отрасли возник спрос на кран повышенной грузоподъемности при неизменных габаритах и сниженной собственной массе, — рассказывает Эмилио Берти, главный инженер-проектировщик компании JMG Cranes. — Такой кран должен не только выдерживать высокие нагрузки, но и иметь малую собственную массу, позволяющую перевозить его с участка на участок на грузовике".

Идя навстречу спросу, компания JMG Cranes выпустила модель MC 580, ставшую единственным в мире краном-манипулятором с электроприводом, который способен поднять груз весом 58 т. Его собственная масса составляет 42 т в рабочем положении и всего 24 т при транспортировке.

В современной компактной конструкции крана широко применяется высокопрочная сталь, из которой изготовлена не только стрела, но и такие узлы, как задняя рама и блок выносных опор, на которые обычно идут стандартные стали.

Кран полностью разборный для транспортировки по узким проездам, со съемным противовесом, выносными опорами и даже, при необходимости, аккумулятором. Стрела имеет оптимальную конструкцию, а раздвижное шасси позволяет увеличить уравновешивающий момент. Кроме того, электропривод современной конструкции без выбросов примерно на 80 % превосходит по производительности своих конкурентов.

"Приоритетом в наше время являются такие показатели, как компактность, мощность и прочность, — замечает Эмилио Берти. — Мы горды тем, что смогли создать кран, производительность которого далеко превосходит не только наши предыдущие модели, но и конкурирующую продукцию".

Включение компании JMG Cranes в число финалистов конкурса на соискание премии Swedish Steel Prize 2017 г. жюри обосновывает следующим образом:

Уникальный и очень компактный кран производства компании JMG Cranes отличается широкой сферой применения. Благодаря удачной конструкции в сочетании с электрической тягой и превосходной маневренностью, краном можно пользоваться как в помещениях, так и снаружи. Оптимизированная конструкция стрелы с применением сверхпрочной стали позволила добиться не только высокой грузоподъемности этого мощного крана-манипулятора, но и исключительного соотношения эффективности и веса. Кроме того, съемные опоры и противовесы предельно упрощают транспортировку крана.

Уже почти 20 лет лауреатами премии Swedish Steel Prize становятся крупные и малые предприятия, организации и отдельные лица, разрабатывающие новые способы производства с использованием всего потенциала высокопрочных марок стали.

Победителю вручается статуэтка работы скульптора Йорга Ешке, а также денежная премия в размере 100 тыс. шведских крон, которую компания SSAB рекомендует перечислять на благотворительные цели по выбору лауреата.

Пресс-служба компании SSAB

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*
Сдано в набор 10.10.2017. Подписано в печать 14.11.2017. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**