Грузовик

3
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 № ФС 77-63955 от 09.12.2015 г.

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

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», "Грузовик", 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 *Патрахальцев Н. Н., Бехджуйан Хоссейн, Савастенко А. А.* Повышение среднеэксплуатационной топливной экономичности дизеля изменением его активного рабочего объема

9 *Стариков А. Ф., Корнилов В. Г.* Расчетная оценка влияния характеристик боестойких шин на устойчивость и управляемость военной автомобильной техники

Исследования. Расчет

13 *Салмин В. В., Якубович И. А., Мачнев В. А., Мачнев А. В.* Расчетное определение базовой нормы путевого расхода топлива автомобилей

19 *Зыков С. А.* Экспериментальные исследования загрязненности и обводненности дизельного топлива (часть 2)

Практика

27 *Горюхов В. А.* Современная концепция обеспечения строительно-монтажных организаций материальными ресурсами в условиях чрезвычайных ситуаций

Транспортный комплекс

30 *Козловский В. Н., Иванов В. В., Заятров А. В., Панюков Д. И.* Комплекс мониторинга качества автомобилей

Экология

40 *Марков В. А., Девянин С. Н., Зыков С. А., Са Бовэнь, Маркова И. Г.* Вязкостные характеристики биотоплив на основе растительных масел

47 ***Пресс-Тур***

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

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

Truck

3
2017

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

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

Editorial council

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

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

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

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

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

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

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 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 *Patrakhaltsev N. N., Behdjouyan Hosseyn, Savastenko A. A.* Ricing of exploitation fuel economy of diesel engine with variable active displacement

9 *Starikov A. F., Kornilov V. G.* The estimated assessment of run-flat tires characteristics impact on stability and roadability of military vehicles

Research. Calculation

13 *Salmin V. V., Yakubovich I. A., Maznev A. V., Machnev V. A.* Estimation of the basic rules of track of the fuel consumption of cars

19 *Zykov S. A.* Experimental Research of Fuel Contamination and Water Content of Diesel Fuel (part 2)

Practice

27 *Goryukhov V. A.* The modern concept of providing the construction organizations of material resources in emergency situations

Transportation complex

30 *Kozlovskiy V. N., Ivanov V. V., Zaytrov A. V., Panyukov D. I.* Complex monitoring of the quality of cars

Environment

40 *Markov V. A., Devyanin S. N., Zykov S. A., Sa Bowen', Markova I. G.* Viscosity Characteristics of Biofuels Based on Vegetable Oils

47 ***Press Tour***

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

УДК 621. 436.001

Н. Н. Патрахальцев, д-р техн. наук, профессор, **Бехджуйан Хоссейн,** Иран,
А. А. Савастенко, магистры, аспиранты, Российский университет дружбы народов (РУДН)
E-mail: nikpatrah@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ СРЕДНЕЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДИЗЕЛЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ЕГО АКТИВНОГО РАБОЧЕГО ОБЪЕМА

Приводятся результаты расчетно-экспериментального исследования возможностей повышения среднеэксплуатационной топливной экономичности дизеля типа КАМАЗ-740 в разных условиях эксплуатации. Показано, что применением метода регулирования дизеля на режимах малых нагрузок изменением его активного рабочего объема при реализации цикла с достоверным распределением режимов работы в конкретных условиях эксплуатации можно ожидать повышения экономичности дизеля с низким (0,245) коэффициентом загрузки по мощности на величину 11,5 %.

Ключевые слова: *дизель, среднеэксплуатационная экономичность, малые нагрузки, отключение цилиндров, дизель с изменяемым рабочим объемом.*

There presented, that a diesel may have rising of economy of exploitation regimes of low load for 11,5 % during realization a cycle with real distribution of regimes. This may be achieved by using of method of diesel regulation by disconnection of some cylinders — using a diesel with variable displacement.

Keywords: *diesel, economy end exploitation, low loads, disconnection of cylinders, diesel with variable displacement.*

Известно, что топливная экономичность дизеля зависит от величины нагрузки, что отражается в нагрузочных характеристиках двигателя. Чем больше доля режимов малых нагрузок и холостых ходов в общем объеме эксплуатационных режимов, тем выше среднеэксплуатационный удельный эффективный расход топлива дизелем.

Работа автомобильного дизеля, особенно в условиях напряженного городского движения, характеризуется высокой долей режимов малых нагрузок и холостых ходов. Коэффициенты загрузки дизелей по мощности, как отношение средней мощности за цикл эксплуатации к мощности номинальной, могут составлять 0,4—0,6. А для дизелей городских автобусов — 0,22 [1]. Следовательно, в этих условиях возникает проблема повышения топливной экономичности, снижения выбросов парниковых газов (прежде всего CO_2), снижения токсичности выбросов с отработавшими газами (ОГ) и т. д.

Одним из методов повышения эксплуатационной топливной экономичности ДВС является метод регулирования двигателя отключением-включением цилиндров или циклов, причем в простейшем случае реализуемый отключением подач топлива без изменения других регулировочных параметров (фаз газообмена и т. д.).

Применительно к дизелям такой метод дает более низкий эффект, чем в бензиновых ДВС. Поэтому в автомобилях с бензиновыми ДВС он реально применяется достаточно широко, а в машинах с дизелями, особенно с наддувом, не столь часто. Достаточно широко он применяется в тепловозах, особенно маневровых, строительно-дорожных машинах повышенной мощности, корабельных и т. д. Для автомобильных дизелей метод, с точки зрения эксплуатационной экономии топлива, представляется нередко менее перспективным, менее эффективным. С учетом сказанного представляется целесообразным дальнейший набор информации о возможностях повышения эксплуатационной экономичности автотракторных дизелей различного назначения.

Для оценки возможностей повышения среднеэксплуатационной топливной экономичности дизеля, при его регулировании отключением цилиндров, применена расчетно-экспериментальная методика, основанная на использовании экспериментально

полученных универсальных (многопараметровых) характеристик. То естбь характеристик, на которых в координатах M_e — n или p_e — n нанесены параметрические кривые постоянных значений удельных расходов топлива (или эффективного КПД), постоянных концентраций токсичных компонентов в выбросах и т. д. Эффективность работы дизеля при всех работающих (активных) цилиндрах (т. е. полноразмерного дизеля — п.р.) отражают показатели N_e, M_e, L_e и p_e (т. е. эффективных мощности, крутящего момента, совершаемой работы и среднего давления). При регулировании дизеля на режимах малых нагрузок (МН) методом изменения его активного рабочего объема, в частности методом отключения (деактивации) части цилиндров или отдельных циклов, подразумевается, что исходный режим малой нагрузки полноразмерного дизеля сохраняется и при отключении части цилиндров. То есть сохраняются те же исходные показатели N_e, M_e, L_e. Если часть цилиндров выключена, то эффективность одного активного цилиндра выражается величиной p_e. Но применить это p_e для характеристики всего двигателя нельзя. Зато можно оценить работу всего двигателя, работающего при некотором количестве z активных цилиндров, выполняемой двигателем удельной работой ($L_{уд.e}$), которая представляет собой отношение полной эффективной работы, выполняемой дизелем, к рабочему объему активных (не выключенных) цилиндров [2].

Пусть известен момент M_e Н · м, развиваемый полноразмерным дизелем на данном режиме МН. Выполняемая дизелем полная эффективная работа в этом случае равна [3]:

$$L_{полн.} = 2\pi M_e, \text{ Дж}. \quad (1)$$

Тогда при полном рабочем объеме двигателя iV_h дм^3 удельная работа полноразмерного дизеля равна:

$$L_{уд} = 2\pi M_e/(iV_h), \text{ Дж/дм}^3. \quad (2)$$

Если у дизеля число активных цилиндров равно z, то удельная работа дизеля при выполнении той же полной работы равна:

$$L_{уд} = L_{полн}/(zV_h) = 2\pi M_e/(zV_h). \quad (3)$$

Если режим полноразмерного дизеля задан на универсальной характеристике через среднее эффективное давление p_e МПа, то полная работа составляет:

$$L_{полн} = 500 p_e iV_h, \text{ Дж}. \quad (4)$$

Удельная работа полноразмерного дизеля равна:

$$L_{уд} = 500 p_e, \text{ Дж/дм}^3. \quad (5)$$

Для дизеля с числом активных цилиндров z получаем:

$$L_{уд} = 500 p_e iV_h/(zV_h) = 500 p_e i/z, \text{ Дж/дм}^3. \quad (6)$$

Пример реализации расчетной методики показан на рис. 1.

Жирными точками обозначен один и тот же режим малой нагрузки (0,2 МПа, т. е. ~15 % полной и при n = 1080 мин$^{-1}$) при его реализации дизелем с числом активных цилиндров z = 8, или 4, или 2. Значения g_e находим на универсальной характеристике, задаваясь числом активных цилиндров z и, следовательно, определяя величины удельных работ при разных числах активных цилиндров. Зная удельные расходы, определяем часовые расходы топлива и т. д.

На рис. 2 систематизированы полученные расчетные результаты.

Показано, что при работе на режиме малой нагрузки (~17—20 % полной) и работе с заданной частотой выключение половины цилиндров дает повышение экономичности до ~17,5 %. А при работе на том же нагрузочном режиме на двух цилиндрах можно ожидать экономии топлива до 40 %.

В реальных условиях эксплуатации в зависимости от многих причин дизели работают с разными на-

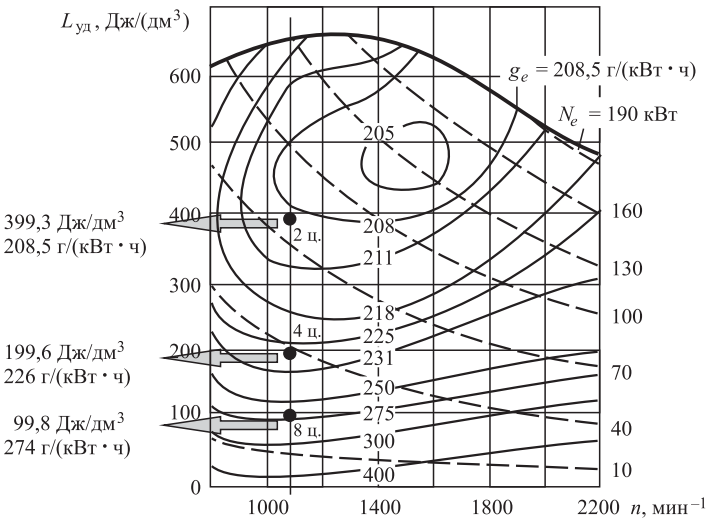

Рис. 1. Универсальная характеристика дизеля КАМАЗ-7406 (8 ЧН 12/12) [3], перестроенная в координаты $L_{уд}$ — n, и примеры определения удельных расходов при отключении части цилиндров

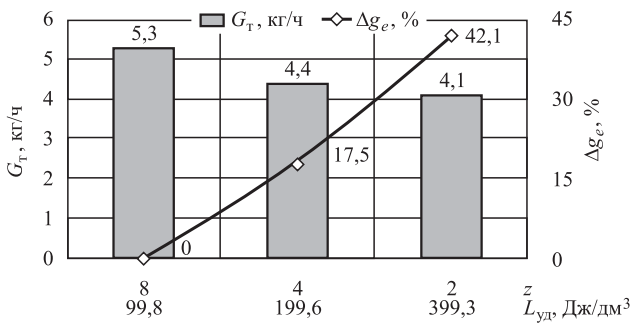

Рис. 2. Влияние числа активных цилиндров *z* (и, соответственно, величины удельной работы $L_{уд}$) дизеля КАМАЗ-740, работающего на режиме n = 1080 мин$^{-1}$, p_e = 0,2 МПа, на часовые расходы топлива ($G_т$) и относительное повышение экономичности режима (Δg_e) благодаря изложению активного рабочего объема дизеля

грузками, а в среднем загрузка двигателя может характеризоваться коэффициентом загрузки по мощности ($K_з$), который представляет собой отношение средней мощности, используемой дизелем за период эксплуатации, к номинальной. Очевидно, что возможности экономии топлива методом отключения цилиндров зависят от величины $K_з$, которая определяется с использованием статистически достоверного распределения режимов работы дизеля данного назначения в данных условиях эксплуатации. Такое распределение иногда называют эксплуатационным циклом.

На рис. 3 приведены численные значения долей разных режимов работы дизеля городского автобуса в условиях интенсивного движения [1] во всем объеме (времени) эксплуатационного цикла.

Показано, например, что при номинальной частоте вращения (n = 2200 мин$^{-1}$) и полной нагрузке дизель работает только 1,2 % всего времени эксплуатации. Основную долю режимов этого двигателя составляют режимы холостого хода, на которые, например, при минимальной частоте вращения приходится около трети всего времени работы (32,2 %).

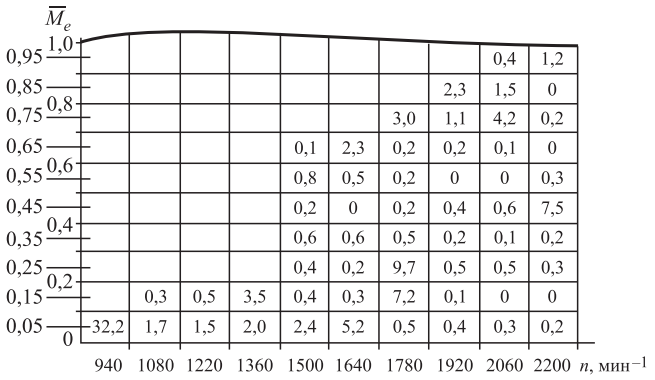

Рис. 3. Распределение в процентах долей продолжительности разных режимов работы дизеля городского автобуса в условиях интенсивного городского движения (дизель КАМАЗ-740)

В таблице в качестве примера приведены результаты расчетов по приведенной выше методике (первые 14 режимных точек эксплуатационного цикла работы городского автобуса из общего количества 58 точек, см. рис. 3). В таблице приведены результаты расчетов для полноразмерного дизеля п.р., (т. е. при работе всех восьми цилиндров) и дизеля, регулируемого изменением числа активных цилиндров в зависимости от уровня малой нагрузки (алгоритм регулирования $z = var$).

Очевидно, что показатели мощности, эффективного момента и полной работы, выполняемой дизелем во всех вариантах регулирования при реализации цикла, остаются неизменными.

Суммарная мощность дизеля при реализации указанного эксплуатационного цикла составляет $\sum_{j=1}^{38}\left(N_{ej}K_j\right) = \Sigma\left(N_{ej}K_j\right) =$ 47,621 кВт. Следовательно, коэффициент загрузки дизеля по мощности при реализации рассматриваемого цикла равен $K_з = \Sigma(N_{ej}K_j)/N_{e.ном.} = 47{,}621/194 = 0{,}245$. Суммарный часовой расход топлива при реализации этого цикла полноразмерным (п.р.) двигателем равен $\Sigma G_{тj}^{п.р} =$ = 11,561 кг/ч, а удельный эффективный расход — $g_{e,ц}^{п.р} = \Sigma G_{тj}^{п.р}/\Sigma\left(N_{ej}K_j\right) = 0{,}243$ кг/(кВт · ч).

Для случая, когда число активных цилиндров варьируется от одного до восьми ($z = var$) в зависимости от текущей нагрузки, получаем следующие данные: $\Sigma G'_{тj} = 10{,}227$ кг/ч, $g'_{e,ц} = \Sigma G'_{тj}/\Sigma\left(N_{ej}K_j\right) =$ = 0,215 кг/(кВт · ч). Следовательно, экономия в расходе топлива по сравнению с расходом полноразмерного дизеля составляет $\Delta g'_{e,ц} = \left(\left(g_{e,ц}^{п.р.} - g'_{e,ц}\right)/g_{e,ц}^{п.р.}\right)100 =$ = 11,54 %.

Для случая, когда регулирование дизеля на малых нагрузках проводятся путем отключения четырех цилиндров (алгоритм регулирования z = 4—8), суммарный расход топлива составит $\Sigma G''_{тj} = 10{,}902$ кг/ч, удельный цикловой — $g''_{e,ц} = \Sigma G''_{тj}/\Sigma\left(N_{ej}K_j\right) = 0{,}229$ кг/(кВт · ч). Следовательно, экономия топлива при регулировании дизеля на малых нагрузках отключением половины цилиндров составит $\Delta g''_{e,ц} = 5{,}704$ %.

На рис. 4 приведены численные значения долей режимов работы дизеля грузового автомобиля во всем объеме эксплуатационных режимов (в условиях интенсивного движения) [1].

Проведенный анализ работы дизеля КАМАЗ при реализации указанного эксплуатационного цикла (рис. 4) показал следующее: $\Sigma(N_{ej}K_j)$ = 117,665 кВт,

Показатели работы дизеля городского автобуса (14 точек из 58) при реализации эксплуатационного цикла (рис. 3)

j	n	N_e относит.	Доля режима	Весовой фактор K_j	N_e ВСХ	N_{ej}	$N_{ej}K_j$	$p_e^{п.р.}$	M_e	$L_{уд}^{п.р.}$	$g_{e,}^{п.р.}$	$G_{тj}^{п.р.}$	$G_{тj}^{п.р.}\ K_j$	$L_{полн.}$	z-var	$L'_{уд}$ z-var	g'_e	$G'_{тj}$	$G'_{тj}\ K_j$
1	940	0,05	32,2	0,322	110	5,50	1,770	0,065	55,9	32,3	345	1,9	0,611	350,9	1	258,8	226	1,2	0,400
2	1080	0,05	1,7	0,017	130	6,50	0,110	0,067	57,5	33,3	350	2,3	0,039	361,0	1	266,2	218	1,4	0,024
3	1080	0,15	0,3	0,003	130	19,49	0,058	0,200	172,4	99,8	274	5,3	0,016	1082,9	2	399,3	209	4,1	0,012
4	1220	0,05	1,5	0,015	147	7,36	0,110	0,067	57,6	33,4	360	2,7	0,040	362,1	1	267,0	217	1,6	0,024
5	1220	0,15	0,5	0,005	147	22,09	0,110	0,200	172,9	100,1	275	6,1	0,030	1086,3	2	400,5	208	4,6	0,023
6	1360	0,05	2	0,02	162	8,09	0,162	0,066	56,8	32,9	355	2,9	0,057	357,0	1	263,3	217	1,8	0,035
7	1360	0,15	3,5	0,035	162	24,28	0,850	0,197	170,5	98,7	277	6,7	0,235	1071,1	2	395,0	208	5,1	0,177
8	1500	0,05	2,4	0,024	174	8,69	0,209	0,064	55,3	32,0	395	3,4	0,082	347,6	1	256,3	221	1,9	0,046
9	1500	0,15	0,4	0,004	174	26,07	0,104	0,192	166,0	96,1	287	7,5	0,030	1042,7	2	384,5	209	5,4	0,022
10	1500	0,25	0,4	0,004	174	43,44	0,174	0,320	276,6	160,2	246	10,7	0,043	1737,8	3	427,2	205	8,9	0,036
11	1500	0,35	0,6	0,006	174	60,82	0,365	0,448	387,2	224,2	228	13,9	0,083	2432,9	4	448,5	204,5	12,4	0,075
12	1500	0,45	0,2	0,002	174	78,20	0,156	0,577	497,9	288,3	216,5	16,9	0,034	3128,0	5	461,4	205	16,0	0,032
13	1500	0,55	0,8	0,008	174	95,58	0,765	0,705	608,5	352,4	210,8	20,1	0,161	3823,1	6	469,9	205	19,5	0,156
14	1500	0,65	0,1	0,001	174	112,96	0,113	0,833	719,2	416,4	206	23,3	0,023	4518,2	8	416,5	206	23,2	0,023

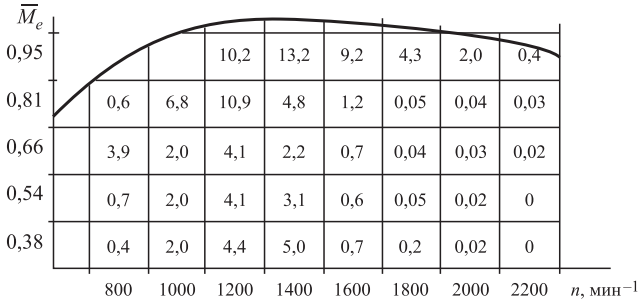

Рис. 4. Распределение режимов работы дизеля КАМАЗ-740 грузового автомобиля в условиях интенсивного движения [1]

$K_з = \Sigma(N_{ej}K_j)/N_{e.ном.} = 117{,}665/194 = 0{,}61$. Для полноразмерного дизеля получено: $\Sigma G_{тj}^{п.р} = 24{,}75$ кг/ч. $g_{e,ц}^{п.р} = \Sigma G_{тj}^{п.р.}/\Sigma\left(N_{ej}K_j\right) = 0{,}210$ кг/(кВт · ч). При применении метода регулирования по алгоритму $z = var$ получено, что $\Sigma G'_{тj} = 24{,}649$ кг/ч, $g'_{e,ц} = \Sigma G'_{тj}/\Sigma\left(N_{ej}K_j\right) = 0{,}209$ кг/(кВт · ч). Следовательно ожидаемый выигрыш в расходе топлива от применения отключения цилиндров может составить 0,41 %. Очевидно, что в таких условиях применение метода отключения цилиндров для повышения экономичности явно нецелесообразно.

Статистически достоверные распределения долей режимов работы дизелей в различных условиях эксплуатации и различных назначений дают стандартные испытательные циклы. Анализ с использованием изложенной методики возможностей повышения экономичности дизеля КАМАЗ-740, реализующего 13-ступенчатый испытательный цикл [4], показал следующее.

Средняя мощность дизеля составляет $\Sigma(N_{ej}K_j) = 85{,}022$ кВт. Следовательно, коэффициент загрузки в этих условиях равен $K_з = \Sigma(N_{ej}K_j)/N_{e.ном.} = 0{,}443$. При этом средний часовой расход топлива при работе полноразмерного дизеля составил $\Sigma G_{тj}^{п.р} = 18{,}656$ кг/ч. А удельный эффективный (среднеэксплуатационный) расход полноразмерного дизеля равен $g_{e,ц}^{п.р} = \Sigma G_{тj}^{п.р}/\Sigma\left(N_{ej}K_j\right) = 0{,}219$ кг/(кВт · ч).

Если тот же цикл реализован у дизеля путем регулируемого отключения цилиндров, причем число активных цилиндров z изменяется в зависимости от уровня малой нагрузки (т. е. реализуется алгоритм регулирования $z = var$), то $\Sigma G'_{тj} = 18{,}031$ кг/ч, $g'_{e,ц} = \Sigma G'_{тj}/\Sigma\left(N_{ej}K_j\right) = 0{,}212$ кг/(кВт · ч). А выигрыш в расходе топлива составил $\Delta g'_{e,ц} = 3{,}35$ %.

Применение более простого метода отключения половины цилиндров (алгоритм регулирования z = 4—8) дает следующие результаты:

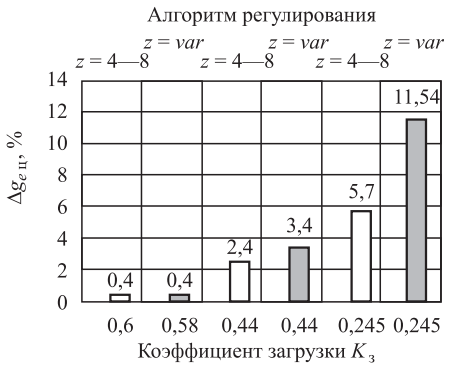

Рис. 5. Эффективность метода (относительная экономия топлива по сравнению с полноразмерным двигателем, $\Delta g_{e.ц}$) в зависимости от коэффициента загрузки по мощности $K_з$ и от алгоритма регулирования (z = 4—8 и z = var)

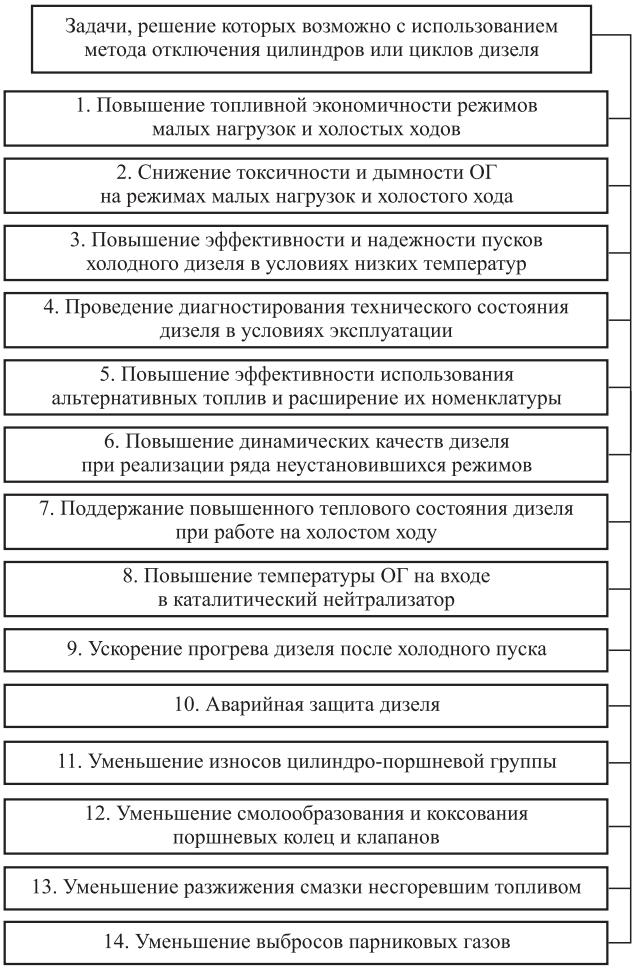

Рис. 6. Систематизация целей и задач, достижение и решение которых в той или иной степени возможно с помощью метода отключения цилиндров или циклов и реализующих его средств

$\Sigma G''_{тj} =$ 18,217 кг/ч, $g''_{e,ц} = \Sigma G''_{тj} / \Sigma \left(N_{ej} K_j \right) =$ = 0,214 кг/(кВт · ч). А выигрыш в среднеэксплуатационном эффективном расходе топлива составляет $\Delta g''_{e,ц} = 2{,}35$ %.

Таким образом, можно отметить, что возможности экономии топлива (Δg_e) при использовании в эксплуатации метода регулирования дизеля отключением цилиндров зависят как от коэффициента загрузки $K_з$ дизеля, так и от метода (алгоритма) регулирования (рис. 5).

При принятии решений в части целесообразности применения метода регулирования дизеля изменением его активного рабочего объема следует иметь в виду, что метод отключения цилиндров может применяться для решения множества задач, которые систематизированы и показаны на рис. 6.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гайворонский А. И., Марков В. А., Илатовский Ю. В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. — М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. — 480 с.
2. **Патрахальцев Н. Н., Никишин И. А., Петруня И. А.** Повышение экономичности режимов малых нагрузок дизеля КАМАЗ-740 изменением его рабочего объема // Грузовик. — 2013. № 5. — С. 31—34.
3. **Патрахальцев Н. Н., Аношина Т. С., Камышников Р. О.** Снижение расхода топлива и токсичности выбросов дизеля на режимах малых нагрузок при его регулировании изменением рабочего объема // Двигателестроение. — 2015. — № 1 (259). — С. 26—29.
4. **Экология автомобильных двигателей внутреннего сгорания.** Учебное пособие / В. А. Звонов, Л. С. Заиграев, В. И. Черных, А. В. Козлов. Изд-во Луганского ун-та им. В. Даля, 2004, 268 с.

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

принимает подписку на журнал

"ГРУЗОВИК"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2017 год

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

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

УДК 623.437.4:519.87

А. Ф. Стариков, канд. техн. наук, **В. Г. Корнилов**, канд. техн. наук,
НИИЦ АТ "3 ЦНИИ" Минобороны России
E-mail: viktor-kornilov@yandex.ru

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК БОЕСТОЙКИХ ШИН НА УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Статья посвящена результатам оценки влияния характеристик боестойких шин на устойчивость и управляемость военной автомобильной техники на примере автомобиля "Урал-43206Д" с шинами 14.00R20 при его движении по переходным траекториям с максимально возможной скоростью при различных вариантах поражения шин.

Ключевые слова: *боестойкие колеса, военная автомобильная техника, обычное оружие, программный комплекс, поражающие факторы, расчетные исследования, устойчивость, управляемость.*

The article is devoted to the estimated assessment of run-flat tires characteristics impact on stability and roadability of military automotive vehicles on the example of "URAL-43206D" vehicle with tires 14.00R20 when it moves on the transitional path with the greatest possible speed under different variants of the damaged tires.

Keywords: *run-flat wheels, military automotive vehicles, conventional weapons, software package, adverse factors, settlement researches, sustainability, roadability.*

Расчетные исследования проводились с помощью разработанного программного комплекса (см. журнал "Грузовик", № 1, 2017 г.), в состав которого входит блок по оценке влияния характеристик шин на устойчивость и управляемость ВАТ при различных вариантах и степени воздействия на шины поражающих факторов обычного оружия (ПФ ОО).

Для примера исследования проводились путем моделирования движения двухосного автомобиля "УРАЛ-43206Д" с шинами 14.00R20, характеристики которого приведены в табл. 1, по переходным траекториям "вход в поворот" и "переставка" с максимально возможной скоростью при различных вариантах поражения шин с характеристиками, приведенными в табл. 2. Расчет характеристик шины 14.00R20 в зависимости от внутреннего давления воздуха в ней производился с помощью программного комплекса "Каскад", разработанного МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Под максимальной скоростью понимается скорость V_{max}, при которой автомобиль уверенно вписывается в заданный коридор без отрыва колес от опорной поверхности, при этом допускается боковое проскальзывание колес внутреннего борта.

Очевидно, что устойчивость и управляемость автомобиля существенно зависят от типа и характе-

Таблица 1

Основные характеристики автомобилей "Урал-43206Д"

№ п/п	Наименование характеристики	"Урал-43206Д" (4×4)
1	Полная масса автомобиля, кг	12 370
2	Колея, м	2,040
3	База, м	4,4
4	Высота центра масс, м	1,3
5	Расположение центра масс относительно передней оси, м	2,1
6	Распределение полной массы по осям, кг	6660-5710
7	Формула управляемости	1-0
8	Минимальный радиус поворота, м	10,5
9	Максимальный угол поворота колес, рад	0,56
10	Свободный радиус колеса, м	0,63
11	Рекомендуемая нагрузка на колесо, кг	3500
12	Радиальная жесткость шин, кН/м	583,1

Таблица 2

Варианты состояния шин и их характеристики при исследовании устойчивости и управляемости автомобиля "Урал-43206Д"

№ варианта	Характеристики шин					
	Давление воздуха, кПа	Коэффициент сопротивления боковому уводу, Н/рад	Длина пятна контакта, м	Ширина пятна контакта, м	Радиальная жесткость, кН/м	Коэффициент крутильной податливости, рад/(Н·м)
1	400	25 3810	0,315	0,281	583,1	$5{,}88 \cdot 10^{-6}$
2	200	20 9111	0,391	0,287	412,5	$6{,}73 \cdot 10^{-6}$
3	100	138 000	0,460	0,290	300,0	$8{,}25 \cdot 10^{-6}$

ристик шин, в том числе от размерных параметров, радиальной жесткости, коэффициента сопротивления боковому уводу, площади контакта с опорной поверхностью.

Результаты расчетов устойчивости и управляемости автомобиля "Урал-43206Д" при движении по траектории "переставка" с различными вариантами и степенью повреждения шин приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета выполнения маневра "переставка $S_п$ = 16 м"

№ варианта	Варианты расположения поврежденной шины	Давление воздуха, кПа	Результаты расчета			Причины ограничения скорости
			V_{max}, км/ч	Боковое ускорение, м/с^2		
				$\ddot{Y}_{по}$	$\ddot{Y}_{зо}$	
Шины в исправном состоянии						
1		400	10,3	7,0	6,5	Невписываемость в коридор
Шины имеют пробоины						
2	1л	200	10,3	7,3	6,6	Невписываемость в коридор
3	1л	100	10,3	7,15	6,5	Невписываемость в коридор
4	1л	50	10,3	7,12	6,45	Невписываемость в коридор
5	1п	200	9,7	6,17	5,70	Невписываемость в коридор
6	1п	100	9,0	5,32	3,85	Невписываемость в коридор
7	1п	50	8,8	5,15	3,70	Невписываемость в коридор
8	2л	200	10,2	6,9	5,52	Невписываемость в коридор
9	2л	100	10,0	6,64	5,10	Невписываемость в коридор
10	2л	50	10,0	6,64	5,10	Невписываемость в коридор
11	2п	200	10,3	7,15	7,0	Невписываемость в коридор
12	2п	100	10,3	7,8	8,2	Невписываемость в коридор
13	2п	50	10,2	7,7	8,15	Невписываемость в коридор
14	1л, 1п	200	10,0	6,4	6,15	Невписываемость в коридор
15	1л, 1п	100	9,0	5,15	4,6	Невписываемость в коридор
16	1л, 1п	50	9,0	5,15	4,5	Невписываемость в коридор
17	2л, 2п	200	10,2	6,82	6,60	Невписываемость в коридор
18	2л, 2п	100	10,0	6,7	6,52	Невписываемость в коридор
19	2л, 2п	50	10,0	6,7	6,52	Невписываемость в коридор
20	1л, 2п	200	10,3	7,245	7,05	Невписываемость в коридор

Продолжение табл. 3

№ варианта	Варианты расположения поврежденной шины	Давление воздуха, кПа	Результаты расчета			Причины ограничения скорости
			V_{max}, км/ч	Боковое ускорение, м/с^2		
				$\ddot{Y}_{по}$	$\ddot{Y}_{зо}$	
21	1л, 2п	100	10,0	7,10	7,55	Невписываемость в коридор
22	1л, 2п	50	9,8	6,85	7,20	Невписываемость в коридор
23	1п, 2л	200	9,6	6,15	4,65	Невписываемость в коридор
24	1п, 2л	100	9,0	5,35	3,82	Невписываемость в коридор
25	1п, 2л	50	9,0	5,35	3,78	
26	1п, 1л, 2п, 2л	200	9,8	6,20	6,15	Невписываемость в коридор
27	1п, 1л, 2п, 2л	100	8,8	4,80	5,15	Невписываемость в коридор
28	1п, 1л, 2п, 2л	50	8,6	4,65	4,80	Невписываемость в коридор
29	1л, 2л	200	10,0	6,50	6,15	Невписываемость в коридор
30	1л, 2л	100	10,0	6,25	6,0	Невписываемость в коридор
31	1л, 2л	50	10,0	6,25	5,9	Невписываемость в коридор
32	1п, 2,п	200	9,7	6,2	6,15	Невписываемость в коридор
33	1п, 2,п	100	9,0	5,4	5,95	Невписываемость в коридор
34	1п, 2,п	50	9,0	5,4	6,0	Невписываемость в коридор
Примечание: $\ddot{Y}_{по}$ — боковое ускорение на передней оси; $\ddot{Y}_{зо}$ — боковое ускорение на задней оси						

В табл. 3 наиболее опасные варианты поражения шин, с точки зрения устойчивости при совершении маневра "переставка", выделены темным фоном. К таким вариантам относятся: пробой шины правого колеса передней оси; пробой колес передней оси; пробой колес всех осей; пробой колес правого борта. При этом наблюдался снос автомобиля в сторону правого ограничителя второй полосы, из-за чего происходило снижение скорости совершения маневра. Другие рассмотренные варианты не требуют существенного снижения скорости движения.

Результаты расчетов устойчивости и управляемости автомобиля "Урал-43206Д" при движении по траектории "вход в поворот" с различными вариантами и степенью повреждения шин приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчета выполнения маневра "вход в поворот $R_п$ = 35 м"

№ варианта	Варианты расположения поврежденной шины	Давление воздуха, кПа	Результаты расчета			Причины ограничения скорости
			V_{max}, км/ч	Боковое ускорение, м/с^2		
				$\ddot{Y}_{по}$	$\ddot{Y}_{зо}$	
Шины в исправном состоянии						
1		400	14,0	5,8	6,1	Отрыв 2л
Шины имеют пробоины						
2	1л	200	13,6	5,5	5,75	Отрыв 2л
3	1л	100	13,4	5,35	5,6	Отрыв 2л
4	1л	50	13,2	5,20	5,5	Отрыв 2л
5	1п	200	13,6	5,5	5,7	Отрыв 2л
6	1п	100	13,4	5,25	5,45	Отрыв 2л
7	1п	50	13,4	5,25	5,45	Отрыв 2л
8	2л	200	14,4	6,1	6,4	Отрыв 2л
9	2л	100	14,0	5,8	6,05	Отрыв 1л

Продолжение табл. 4

№ варианта	Варианты расположения поврежденной шины	Давление воздуха, кПа	Результаты расчета			Причины ограничения скорости
			V_{max}, км/ч	Боковое ускорение, м/с^2		
				$\ddot{Y}_{по}$	$\ddot{Y}_{зо}$	
10	2л	50	13,8	5,65	5,9	Отрыв 1л
11	2п	200	13,6	5,45	5,8	Отрыв 2л
12	2п	100	10,0	3,0	3,3	Невписываемость 1л
13	2п	50	9,8	2,85	3,2	Невписываемость 1л
14	1л, 1п	200	13,4	5,3	5,55	Отрыв 2л
15	1л, 1п	100	12,8	4,85	5,0	Отрыв 2л
16	1л, 1п	50	12,6	4,7	4,9	Отрыв 2л
17	2л, 2п	200	14,0	5,8	6,15	Отрыв 1л
18	2л, 2п	100	12,0	4,3	4,68	Невписываемость 1л
19	2л, 2п	50	12,0	4,3	4,7	Невписываемость 1л
20	1л, 2п	200	12,6	4,72	5,0	Невписываемость 1л
21	1л, 2п	100	9,8	2,9	3,15	Невписываемость 1л
22	1л, 2п	50	9,6	2,8	3,1	Невписываемость 2л
23	1п, 2л	200	14,0	5,75	6,0	Отрыв 1л
24	1п, 2л	100	13,6	5,4	5,6	Невписываемость 1п
25	1п, 2л	50	13,0	5,0	5,15	Отрыв 1л
26	1п, 1л, 2п, 2л	200	13,7	5,5	5,9	Отрыв 2л
27	1п, 1л, 2п, 2л	100	12,8	4,82	5,2	Невписываемость 1л
28	1п, 1л, 2п, 2л	50	12,8	4,82	5,3	Невписываемость 1л
29	1п,2п	200	13,4	5,2	5,6	Отрыв 2л
30	1п,2п	100	12,5	4,6	5,0	Невписываемость 1л
31	1п,2п	50	12,0	3,0	3,4	Невписываемость 1л

Примечание: $\ddot{Y}_{по}$ — боковое ускорение на передней оси; $\ddot{Y}_{зо}$ — боковое ускорение на задней оси

Исследования устойчивости движения автомобиля при совершении маневра "вход в поворот" показали, что наиболее опасными вариантами являются: пробой правого колеса последней оси; пробой переднего левого и заднего правого колеса. В этих вариантах наблюдалась невписываемость в габаритный коридор и отрыв правого колеса задней оси, что требовало существенного снижения скорости входа в поворот.

Выводы

1. Разработанная составная часть комплекса позволяет проводить исследования устойчивости и управляемости ВАТ с различной степенью поражения шин при воздействии стрелкового оружия и вариантами расположения поврежденных колес по осям и бортам исследуемого автомобиля путем моделирования движения по переходным траекториям "переставка" и "вход в поворот".

2. Проведенная с помощью разработанного программного комплекса расчетная оценка устойчивости и управляемости двухосного автомобиля "Урал-43206Д" при совершении маневров "переставка" показала, что наиболее опасными вариантами поражения шин, с точки зрения устойчивости при совершении маневра "переставка", являются: пробой шины правого колеса первой оси; пробой колес первой оси; пробой колес всех осей; пробой колес правого борта. При этом наблюдался снос автомобиля в сторону правого ограничителя второй полосы, из-за чего происходило снижение скорости совершения маневра.

3. Исследования устойчивости движения автомобиля при совершении маневра "вход в поворот" показали, что наиболее опасными вариантами являются: пробой правого колеса последней оси; пробой переднего левого и заднего правого колеса. В этих вариантах наблюдалось невписываемость в габаритный коридор и отрыв правого колеса задней оси, что требовало существенного снижения скорости входа в поворот.

УДК 657: 338.47

В. В. Салмин, д-р техн. наук, профессор, Пензенский государственный университет,
И. А. Якубович, д-р техн. наук, профессор, Московский автомобильно-дорожный государственный университет (МАДИ), e-mail: yakubovich_irina@mail.ru
В. А. Мачнев, д-р техн. наук, профессор, **А. В. Мачнев,** д-р техн. наук, профессор, Пензенский государственный аграрный университет (ФГБОУ ВО "ПГАУ")

РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВОЙ НОРМЫ ПУТЕВОГО РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕЙ

Рассмотрена возможность нормирования расхода топлива на автомобилях путем проведения ряда расчетов по зависимостям, полученным авторами, что позволяет повысить топливную экономичность автомобилей и сделать нормирование более приближенным к реальным условиям, в которых работает автомобиль.

Ключевые слова: *автомобиль, топливная экономичность, нормы расхода топлива, базовая норма, часовой расход топлива, удельный эффективный расход топлива, дорожные сопротивления, передаточные числа трансмиссии.*

The possibility of rationing of fuel consumption in cars through a series of calculations for the dependences obtained by the authors, which improves fuel efficiency of cars and to make regulation more close to the real conditions in which running a car.

Keywords: *car, fuel efficiency, rates of fuel consumption, the basic rule, fuel consumption, specific effective fuel consumption, road resistance, gear ratios of the transmission.*

Решение проблемы энергосбережения было и остается одной из важных задач науки и практики. В настоящее время эта проблема стала еще более острой вследствие нехватки нефтяных ресурсов. Попытки перевести мобильный транспорт на газовое топливо терпели и терпят фиаско. Исторически так сложилось, что первым видом автомобильного топлива был светильный газ, однако уже тогда, на заре автомобилестроения, стало ясно, что применение газообразного топлива требует громоздких систем хранения, небезопасных систем питания и низкой топливной экономичности вследствие малой энергетической ценности газообразного углеводородного топлива.

Замена газа на жидкое топливо привела к революционному развитию мобильной техники, но в настоящее время человечество вновь находится в тупиковой ситуации. Рост транспортных средств и ограниченность нефтяных запасов требует скорейшего решения этой проблемы. Одним из таких решений является применение водорода как топлива. Использование в качестве топлива водорода, безусловно, перспективно, но не безопасно и энергоемко в получении.

Перевод транспорта на газ, применение в качестве топлив растительных масличных культур только частично (на время) решит проблему с нехваткой топлива. Работы инженеров-двигателестроителей на протяжении последних 100 лет направлены на совершенствование конструкции поршневых двигателей, но не приводят к значительным успехам.

Эффективный коэффициент полезного действия (КПД) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) остается в пределах 30—45 %, так как термодинамика этих тепловых машин, а именно их термодинамический КПД, не может превысить 60—70 %. Поэтому, пока нет инновационных конструктивных решений в двигателестроении и не предложены новые виды альтернативных топлив, необходимо активно заниматься вопросами нормирования топливной экономичности транспортных средств, использующих в качестве энергетических установок двигатели внутреннего сгорания. Необходимо проводить мероприятия по жесточайшему контролю за хранением, заправкой и расходованием углеводородного топлива. Отсюда следует, что на сегодняшний день и в ближайшие 10 лет большая роль в решении проблемы энерго-

сбережения будет состоять в правильном нормировании расхода топлива. Особенно это актуально для крупных автотранспортных предприятий, где большая доля затрат (85—95 %) на все энергоресурсы, расходуемые предприятием, приходится на бензин и дизельное топливо.

Из теории автомобилей известно, что путевой расход топлива, л/100 км, определяется по формуле [1]:

$$Q_s = \frac{G_{\text{Т}} 100}{V_{\text{а}} \rho_{\text{Т}}}, \qquad (1)$$

где $G_{\text{Т}}$ — часовой расход топлива в кг/ч; $V_{\text{а}}$ — скорость автомобиля, км/ч; 100 — переводной коэффициент; $\rho_{\text{Т}}$ — плотность топлива.

Для бензина марки АИ-92 и АИ-95 кг/л при расчетах можно принять плотность топлива равной 0,75 кг/л, а для дизельного топлива — плотность равна 0,84 кг/л.

Из этой формулы видно, что путевой расход топлива зависит в основном от скорости транспортного средства и от топливной экономичности его энергетической установки. И если скорость является во многом эксплуатационным показателем, то часовой расход топлива зависит от степени совершенства конструкции двигателя и правильности его подбора для транспортного средства.

Каким же образом связаны показатели нормирования расхода топлива с конструкцией ДВС и автомобиля?

На современных предприятиях, при реальной эксплуатации автомобилей, путевой расход топлива устанавливается на основании базовой нормы расхода топлива, которая рассчитывается на основании нормативных документов Минтранса РФ, таких как Методические рекомендации "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте", введенные в действие на основании распоряжений Минтранса РФ от 14.05.2014 № НА-50-р и от 14.07.2015 N НА-80-р. Однако использование предприятиями этих Методических рекомендаций приводит часто к завышенным расходам топлива.

Почему это происходит? Ответим на этот вопрос, рассмотрев пример.

Для нового автомобиля ВАЗ-2007 Методические рекомендации Минтранса РФ устанавливают базовый расход топлива в 8,6 л/100 км. При этом в нормах не указывается, для какого двигателя, с какой системой топливоподачи, с какой коробкой передач, при какой скорости движения автомобиля и прочее устанавливается эта норма. В то же время в технической характеристике завода-изготовителя четко сказано, что ВАЗ-2017 с двигателем ВАЗ-2103 может иметь путевой расход топлива:

— при скорости 90 км/ч на пятой передаче — 6,9 л/100 км;

— при скорости 120 км/ч на пятой передаче — 9,5 л/100 км;

— при городском цикле — 9,6 л/100 км.

Как видим, базовая норма и показатели топливной экономичности, указанные в технической характеристике автомобиля, имеют достаточно близкие величины, но динамика изменения расхода топлива от скорости движения автомобиля имеет нелинейный (параболический) характер, что требует исследования, как же изменяются показатели топливной экономичности двигателя автомобиля в условиях эксплуатации.

Используем формулу (1) для расчета часового расхода топлива двигателя, если даже не учитывать целый комплекс технических и конструктивных особенностей и показателей автомобиля, то для двигателя ВАЗ-2103 автомобиля ВАЗ-2107 увидим всю абсурдность ситуации, возникающей при таком нормировании топливной экономичности. При норме расхода топлива в 9,6 л/100 км в городском цикле эксплуатации (средняя скорость по городскому циклу в соответствии с ГОСТ 20306—90 составляет примерно 40 км/ч) часовой расход топлива будет составлять:

$$G_{\text{Т1}} = \frac{Q_s \rho_{\text{Т}} V_{\text{а}}}{100} = \frac{9,6 \cdot 40 \cdot 0,75}{100} = 2,88 \text{ кг/ч.}$$

При базовой норме расхода топлива в 8,6 л/100 км и эксплуатационной скорости автомобиля в реальных условиях для г. Пензы в 15 км/ч часовой расход топлива будет составлять:

$$G_{\text{Т2}} = \frac{Q_s \rho_{\text{Т}} V_{\text{а}}}{100} = \frac{8,6 \cdot 15 \cdot 0,75}{100} = 1,72 \text{ кг/ч,}$$

а при базовой норме расхода топлива в 8,6 л/100 км и средней скорости по городскому циклу в соответствии с ГОСТ 20306—90 в 40 км/ч часовой расход топлива будет составлять:

$$G_{\text{Т3}} = \frac{Q_s \rho_{\text{Т}} V_{\text{а}}}{100} = \frac{8,6 \cdot 40 \cdot 0,75}{100} = 2,58 \text{ кг/ч.}$$

Как видим из расчетов, фактический расход топлива при установленной норме в 8,6 л/100 км при городской эксплуатации дает завышение расхода топлива без учета поправочных коэффициентов, применяемых в Методических рекомендациях Минтранса РФ, в 1,5 раза. Это свидетельствует о необъективности применяемых нормативных документов.

Для разрешения этой задачи существует два способа.

1. Каждому предприятию надо проводить свои экспериментальные исследования и устанавливать свои нормы, базируясь на технических характеристиках заводов-изготовителей автомобилей и реальных условиях эксплуатации.

2. Прибегнуть к расчетному методу установления этих норм.

Первый путь достаточно трудоемок, сложен, требует от предприятия точной дорогостоящей аппаратуры. Поэтому второй путь более дешевый, но требует разработки определенной методики расчета. Для разработки методики расчета будем исходить из того, что часовой расход топлива, кг/ч, равен [2]:

$$G_{\text{Т}} = \frac{g_e N_e}{1000}, \qquad (2)$$

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

В свою очередь, эффективная мощность двигателя, кВт, определяется по формуле [2]:

$$N_e = \frac{P_e V_{\text{л}} n_e}{120}, \qquad (3)$$

где P_e — среднее эффективное давление, МПа; $V_{\text{л}}$ — литровый объем двигателя, л; n_e — обороты коленчатого вала двигателя, мин$^{-1}$.

Подставив формулу (3) в (2), получим зависимость изменения часового расхода топлива двигателя от нагрузки (P_e) и скорости (n_e), которые являются основными режимами работы двигателя при эксплуатации наземных транспортных средств и, в частности, для автомобилей. В результате такой подстановки получим:

$$G_{\text{Т}} = \frac{g_e P_e V_{\text{л}} n_e}{120\ 000}. \qquad (4)$$

Подставляя формулу (4) в формулу (1), получим зависимость вида:

$$Q_s = \frac{g_e P_e V_{\text{л}} n_e}{1200 V_{\text{а}} \rho_{\text{Т}}}, \qquad (5)$$

из которой видно, что расход топлива будет снижаться с увеличением скорости автомобиля. В то же самое время из теории автомобилей [1] известно, что его скорость может быть определена по формуле:

$$V_{\text{а}} = \frac{120\pi n_e r_{\text{к}}}{10^6 i_0 i_{\text{к}j}}, \qquad (6)$$

где $r_{\text{к}}$ — радиус качения колеса автомобиля, мм; i_0 — передаточное число главной передачи ведущего моста трансмиссии автомобиля; $i_{\text{к}j}$ — передаточное отношение коробки передач при работе автомобиля на j-й передаче.

Если подставить формулу (6) в формулу (5), получим:

$$Q_s = \frac{2,2 g_e P_e V_{\text{л}} i_0 i_{\text{к}j}}{r_{\text{к}} \rho_{\text{Т}}}. \qquad (7)$$

В полученной формуле (7) заменим произведение P_e на $V_{\text{л}}$ через эффективный момент. Из теории ДВС [2] известно, что эффективный момент определяется по формуле:

$$M_e = 9554 \frac{N_e}{n_e} = 79,167 P_e V_{\text{л}}, \qquad (8)$$

откуда:

$$P_e V_{\text{л}} = \frac{M_e}{79,167}. \qquad (9)$$

Подставив в формулу (7) выражение (9), получим, что:

$$Q_s = 0,0279 \frac{g_e M_e i_0 i_{\text{к}j}}{r_{\text{к}} \rho_T} = C_{\text{а}} g_e M_e i_{\text{тр}j}, \qquad (10)$$

где $i_{\text{тр}j} = i_0 i_{\text{к}j}$ — передаточное число трансмиссии на j — передаче коробки передач (КП); $C_{\text{а}} = \frac{2,79 \cdot 10^{-2}}{r_{\text{к}} \rho_{\text{Т}}}$ — величина, которую можно принять постоянной для каждого конкретного автомобиля. Она практически не зависит от условий эксплуатации.

Как видим из формулы (10), величина путевого расхода топлива напрямую зависит от изменения удельного эффективного расхода топлива, который является технико-экономическим показателем ДВС и связан с его эффективным КПД, а также зависит от эффективного момента и передаточного числа трансмиссии. Из этих трех параметров мы видим, что в условиях эксплуатации водитель транспортного средства может управлять топливной экономичностью только путем изменения удельного расхода топлива, который, в свою очередь, зависит от конструкции двигателя и от управления педалью акселератора, а также от передаточного числа трансмиссии и от манеры водителя управлять автомобилем.

Эффективный момент в данной формуле является аналогом дорожных и аэродинамических сопротивлений, которые определяются условиями эксплуатации автомобиля и не могут быть управляемыми

водителем. Таким образом, из формулы (10) мы видим, что нормирование топливной экономичности автомобиля должно зависеть в большей степени от конструктивных параметров двигателя, характеризуемых величиной удельного эффективного расхода топлива, и конструктивных параметров трансмиссии, характеризуемых передаточными числами трансмиссии.

Рассмотрим каждый из этих параметров в отдельности.

Известно, что характер изменения удельного эффективного расхода топлива в современных ДВС достаточно хорошо и точно описывается известными формулами Лейдермана, имеющими вид [2]:

— для бензиновых ДВС

$$g_{ei} = g_{e(Ne\max)}\left[1,2 - 1,2\frac{n_{ei}}{n_{e\max}} + \left(\frac{n_{ei}}{n_{e\max}}\right)^2\right]; \quad (11)$$

— для дизелей

$$g_{ei} = g_{e_H}\left[1,55 - 1,55\frac{n_{ei}}{n_{e_H}} + \left(\frac{n_{ei}}{n_{e_H}}\right)^2\right]. \quad (12)$$

Единственным недостатком формул Лейдермана является то, что они не учитывают характер изменения удельного эффективного расхода топлива от изменения нагрузки и служат для определения удельного расхода топлива в условиях внешней полной скоростной характеристики двигателя. При частичных нагрузках этот показатель необходимо учесть поправочным коэффициентом K_N.

Для определения этого коэффициента проанализируем, что будет происходить с удельным расходом топлива в условиях нагрузочной характеристики. Удельный расход топлива будем определять по формуле:

$$g_e = \frac{G_\text{Т} \cdot 10^3}{N_e}. \quad (13)$$

Как показывает анализ нагрузочных характеристик, величина изменения часового расхода топлива от нагрузки, (от эффективной мощности) как у бензиновых, так и у дизельных ДВС, имеет линейный характер и по нашим данным может быть математически описана зависимостью вида:

$$G_\text{Т} = G_\text{Т}^{xx} + \beta\left[\frac{3600}{H_u\eta_e}\right]N_{e(\max)}, \quad (14)$$

где $G_\text{Т}^{xx}$ — часовой расход топлива на холостом ходу, кг/ч, определяемый по формуле:

$$G_\text{Т}^{xx} = \frac{3600}{H_u\eta_i^{xx}}N_M; \quad (15)$$

H_u — низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг. Для бензинов она может быть принята постоянной, равной 44 000 кДж/кг, а для дизтоплива — 41 500 кДж/кг;

η_e — эффективный КПД двигателя, который при расчетах для карбюраторных ДВС принимается в пределах 0,25...0,3, а для бензиновых двигателей, впрыском топлива и дизелей 0,35...0,4; η_i^{xx} — индикаторный КПД двигателя при работе на холостом ходу, его можно принять не зависимо от типа двигателя равным 0,1;

β — коэффициент пропорциональности, учитывающий прирост часового расхода топлива от степени загрузки двигателя от 0 до 100 %, выраженный в относительных единицах и определяемый как

$$\beta = \frac{N_e}{N_{e(\max)}}; \quad (16)$$

N_M — мощность механических потерь ДВС, которая в условиях нагрузочной характеристики является величиной постоянной, не зависящей от изменения эффективной мощности и определяемой по формуле:

$$N_M = \frac{V_\text{л}}{120}P_M n_e, \quad (17)$$

где P_M — условное давление механических потерь, МПа, определяемое по формулам [3], осредненным для ряда современных отечественных двигателей и, в частности:

— для карбюраторных ДВС:

$$P_\text{м} = 0,185 + 7,7 \cdot 10^{-6} n_e; \quad (18)$$

— для бензиновых ДВС с впрыском топлива:

$$P_\text{м} = 0,066 + 5,1 \cdot 10^{-6} n_e; \quad (19)$$

— для дизелей:

$$P_\text{м} = 0,095 + 1,6 \cdot 10^{-6} n_e; \quad (20)$$

— для дизелей с наддувом:

$$P_\text{м} = 0,085 + 1,4 \cdot 10^{-6} n_e. \quad (21)$$

Таким образом, подставляя в формулу (14) параметры и значения, определяемые в зависимостях (15—17), получаем:

— для бензиновых ДВС:

$$G_\text{Т} \approx 0,082\left(\frac{V_\text{л} n_e}{12}P_M + 3,42N_e\right); \quad (22)$$

— для дизелей:

$$G_{\text{Т}} \approx 0,087\left(\frac{V_{\text{л}} n_e}{12} P_M + 2,65 N_e\right). \quad (23)$$

Математическая обработка зависимостей (22) и (23) позволила получить авторам усредненные зависимости по определению часового расхода топлива для отечественных двигателей, которые имеют вид:

— для бензиновых ДВС:

$$G_T \approx 4,47 + 0,28 N_e; \quad (24)$$

— для дизелей:

$$G_T \approx 3,73 + 0,23 N_e. \quad (25)$$

Используя зависимости (24) и (25) в формуле (13), получим формулы для определения изменения удельного расхода топлива, г/(кВт · ч), в условиях нагрузочных характеристик:

— для бензиновых ДВС:

$$g_e \approx \frac{4470}{N_e} + 280; \quad (26)$$

— для дизелей:

$$g_e \approx \frac{3730}{N_e} + 230. \quad (27)$$

Предположим, что численные значения в формулах (26) и (27), равные соответственно 280 и 230, являются удельным расходом топлива при 100 %-ной загрузке двигателя. Обозначим эти числа символом $g_{e(\max)}$, тогда эти формулы примут вид:

— для бензиновых ДВС:

$$g_e \approx g_{e(\max)}\left(\frac{15,96}{N_e} + 1\right); \quad (28)$$

— для дизелей:

$$g_e \approx g_{e(H)}\left(\frac{16,22}{N_e} + 1\right). \quad (29)$$

Как видим, формулы (28) и (29) приобретают практически один и тот же вид. Даже численные оценки 15,96 и 16,22 могут быть округлены до числа 16, особо не снижая точности вычислений и не изменяя характер протекания функции $g_e = f(N_e)$. Выражение, приведенное в этих формулах в скобках, представляет собой математическую зависимость для определения поправочного коэффициента K_N о котором говорилось ранее. Если в эти формулы ввести вместо N_e выражение β, то получим обобщенное как для бензиновых ДВС, так и для дизелей выражение для определения численных значений K_N вида:

$$K_N = 1 + \frac{0,1}{\beta}.$$

С учетом скорректированного значения для определения коэффициента K_N формулы (11) и (12) примут вид:

— для бензиновых ДВС:

$$g_{ei} = g_{e(Ne_{\max})} \times \left[1,2 - 1,2\frac{n_{ei}}{n_{e\max}} + \left(\frac{n_{ei}}{n_{e\max}}\right)^2\right]\left(1 + \frac{0,1}{\beta}\right); \quad (31)$$

— для дизелей:

$$g_{ei} = g_{e_H}\left[1,55 - 1,55\frac{n_{ei}}{n_{e_H}} + \left(\frac{n_{ei}}{n_{e_H}}\right)^2\right]\left(1 + \frac{0,1}{\beta}\right). \quad (32)$$

Зависимости (31) и (32) теперь можно считать универсальными и пригодными для применения в формуле (10) при определении величины путевого расхода топлива.

Теперь рассмотрим вторую и третью составляющую формулы (10), а именно: произведение эффективного момента на передаточное число трансмиссии. Из теории автомобиля [1] знаем, что момент, создаваемый автомобилем на колесах равен:

$$M_{\text{к}} = M_e i_{\text{тр}j} \eta_{\text{тр}} = P_{\text{к}} r_{\text{к}} = \frac{r_{\text{к}}}{1000}\left(G_{\text{а}} \psi \frac{k_w F_{\text{а}}}{13} V_{\text{а}}^2\right), \quad (33)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ — КПД трансмиссии автомобиля, определяемый по формуле [1]:

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_{\text{ц}}^n \eta_{\text{ц}}^m \eta_{\text{в}}^k, \quad (34)$$

здесь $\eta_{\text{ц}} = 0,985$ — КПД цилиндрических пар шестерен, входящих в состав трансмиссии; $\eta_{\text{к}} = 0,975$ — КПД конических пар шестерен, входящих в состав трансмиссии; $\eta_{\text{в}} = 0,995$ — КПД карданных шарниров, входящих в состав трансмиссии; n, m, k — соответственно количество цилиндрических, конических пар шестерен и количество карданных шарниров в трансмиссии; $P_{\text{к}}$ — касательная сила тяги на колесе автомобиля, Н; $G_{\text{а}}$ — эксплуатационный вес автомобиля, Н; $r_{\text{к}}$ — радиус качения колеса автомобиля, мм, определяемый по формуле [1]:

$$r_{\text{к}} = 0,5d + \lambda_{\text{ш}} b, \quad (35)$$

здесь d — диаметр обода колеса, мм (справочное значение); b — высота профиля автомобильной шины, мм (справочное значение); $\lambda_{\text{ш}} = 0,8...0,93$ — коэффициент деформации шины (справочное значение); ψ — приве-

денный коэффициент дорожных сопротивлений (справочное значение); k_w — коэффициент обтекаемости автомобиля, $(Н \cdot с^2)/м^4$ (справочное значение); $F_а$ — габаритная площадь автомобиля, $м^2$ (справочное значение).

Выразим величину $M_e i_{трj}$, используя формулу (33), через величину дорожных сопротивлений и получим:

$$M_e i_{трj} = \frac{r_к}{1000\eta_{тр}}\left(G_а\psi + \frac{k_w F_а}{13}V_а^2\right). \qquad (36)$$

Подставляя формулы (31) и (32), а также формулу (36) в выражение (10), получим:

— для автомобилей с бензиновыми ДВС:

$$Q_s = \frac{2,79\cdot 10^{-5}}{\eta_{тр}\rho_Т}\left(G_а\psi + \frac{k_w F_а}{13}V_а^2\right)g_{e(\max)}\times$$
$$\times\left[1,2 - 1,2\left(\frac{n_{ei}}{n_{e(\max)}}\right) + \left(\frac{n_{ei}}{n_{e(\max)}}\right)^2\right]\left(1 + \frac{0,1}{\beta}\right); \qquad (37)$$

— для автомобилей с дизельными двигателями:

$$Q_s = \frac{2,79\cdot 10^{-5}}{\eta_{тр}\rho_Т}\left(G_а\psi + \frac{k_w F_а}{13}V_а^2\right)g_{e(H)}\times$$
$$\times\left[1,55 - 1,55\left(\frac{n_{ei}}{n_{e(H)}}\right) + \left(\frac{n_{ei}}{n_{e(H)}}\right)^2\right]\left(1 + \frac{0,1}{\beta}\right). \qquad (38)$$

Итак, полученные формулы (37) и (38) позволяют рассчитать базовые и эксплуатационные нормы путевого расхода топлива для любого нового (без пробега) автомобиля с учетом условий эксплуатации на том или ином предприятии, в тех или иных дорожных условиях. Эти зависимости можно использовать при установлении норм путевого расхода топлива для автомобилей в конкретных условиях эксплуатации, не прибегая к нормам, установленным Минтрансом РФ, так как они дадут более точный показатель величины путевого расхода топлива.

С целью оценки точности вычислений с использованием полученных зависимостей рассмотрим пример определения базовой нормы автомобиля ВАЗ-2106 (ВАЗ-2106-4L-1,57-75,5-4М) и сравним полученные значения с нормами Минтранса РФ (9 л/100 км).

Выберем для расчета исходные данные для автомобиля ВАЗ-2106:

эксплуатационная масса автомобиля — 14 350 Н;

приведенный коэффициент дорожных сопротивлений — 0,018;

коэффициент обтекаемости — 0,33;

габаритная площадь автомобиля — 1,74 $м^2$;

расчетная скорость автомобиля — 100 км/ч;

эффективная максимальная мощность двигателя — 55,5 кВт;

расчетная мощность — 43,4 кВт;

обороты двигателя при максимальной мощности — 5600 $мин^{-1}$;

средние обороты двигателя при расчетной скорости — 3800 $мин^{-1}$;

удельный эффективный расход топлива при максимальной мощности — 325;

литраж двигателя — 1,57 л;

плотность топлива АИ-92 — 0,75 кг/л.

передаточное число трансмиссии на прямой (IV передаче) — 4,1;

радиус колеса — 287,4 мм.

Определим КПД трансмиссии для автомобиля ВАЗ-2106, у которого при работе на прямой передаче количество цилиндрических пар $n = 1$, конических пар $m = 1$, пар карданных шарниров $k = 2$. Тогда:

$\eta_{тр} = 0,985 \cdot 0,975 \cdot 0,995^2 = 0,95.$

Используя формулу (37) и подставляя в нее исходные данные, получаем, что:

$$Q_s = \frac{2,79\cdot 10^{-5}}{0,95\cdot 0,75}\left(14\ 350\cdot 0,018 + \frac{0,33\cdot 1,74}{13}\cdot 100^2\right)\times$$
$$\times\ 325\cdot 0,846\cdot 1,2 = 9,04.$$

Точность оценки по формуле (37) составляет 0,4 %. Это достаточно хороший результат. Однако проблемой при выполнении таких расчетов является не их сложность, а обоснование выбора ряда коэффициентов и параметров, при которых этот расчет производится.

Предлагаемый метод расчета базовой нормы расхода топлива для конкретных условий эксплуатации автомобилей позволит существенно сократить затраты времени на контрольные замеры и избавит предприятие от необъективных базовых норм расхода топлива, а кроме того, расчетное нормирование приведет к ужесточению требований к расходу топлива на предприятиях и повысит топливную экономичность автомобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Основы теории и расчета** трактора и автомобиля / В. А. Скотников, А. А. Мащенский, А. С. Солонский. Под ред. В. А. Скотникова. — М.: Агропромиздат, 1986. — 383 с.
2. **Николаенко А. В., Шкрабак В. С.** Энергетические установки и машины. Двигатели внутреннего сгорания: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГАУ. 2005. — 438 с.
3. **Основы расчета** транспортных энергетических установок: курсовое проектирование: учеб. пособие / В. В. Салмин, И. А. Якубович, Б. Ю. Давыденко. — Магадан: Изд-во СВГУ, 2011. — 135 с.

УДК 621.436

С. А. Зыков, канд. техн. наук, доцент, Российский государственный аграрный университет МСХА имени К. А. Тимирязева
E-mail: zykov.sa@yandex.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ И ОБВОДНЕННОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА (ЧАСТЬ 2)

Проведено комплексное экспериментальное исследование загрязненности дизельного топлива для дизельных двигателей автомобильной и сельскохозяйственной техники. С целью изучения эффекта растворимости влаги атмосферного воздуха в топливе испытаны макеты топливной системы автомобиля. Проведены испытания фильтрующих элементов тонкой очистки топлива серийной и усовершенствованной конструкций. Показано, что усовершенствованный фильтрующий элемент имеет ресурс, превышающий ресурс серийного фильтра в 1,62 раза.

Ключевые слова: *дизельный двигатель, дизельное топливо, загрязненность топлива, содержание воды в топливе, фильтрующий элемент.*

Experimental research of contamination of diesel fuel for diesel engines of automobile and agricultural machinery is conducted. Model testing of the fuel system for the vehicle for the purpose of studying the effect of solubility of the atmospheric air moisture in the fuel is conducted. Filter elements of fine filtering of serial and improved designs are tested. It is shown that the improved filter element has a resource exceeding that of the serial filter 1,62 times as much.

Keywords: *diesel engine, diesel fuel, fuel contamination, water content in diesel fuel, filter element.*

Важным элементом используемых средств очистки топлива является масляный пылеуловитель (МПУ). Лабораторные испытания масляного пылеуловителя, схема которого показана на рис. 2, проводились с целью оценки его эффективности по улавливанию кварцевой пыли с удельной поверхностью $S_{уд}$ = 1050 м^2/кг. Испытания проводились на металлической (сталь) модели МПУ, имеющей следующие размеры: $H_к$ = 110 мм; $H_р$ = 70 мм; $D_к$ = = 70 мм; $h_р$ = 60 мм; $d_у$ = 60 мм; $d_{тр}$ = 6 мм. Подробное описание опытной установки и методики проведения испытаний приведено в работе [6]. Общая методика оценки эффективности МПУ заключалась в определении относительной массы пыли, задерживаемой в отстойной зоне МПУ.

Установка позволяла моделировать режим "дыхания" топливного бака с минимальным расходом воздуха, принимаемым равным расходу топлива в баке $q_{т.min} = 36 \cdot 10^{-6}$ м^3/с. Серия испытаний была проведена с расходами запыленного воздуха (36, 50, 65, 80) $\cdot 10^{-6}$ м^3/с. При этом все серии испытаний с вариациями расходов воздуха проводились при зазорах между успокоителем составляющих h = (6, 20, 40) мм. На рис. 3 приведена экспериментальная зависимость эффективности очистки воздуха от кварцевой пыли в МПУ от расхода воздуха $q_т$ для разных h. Здесь же показана расчетная зависимость для оценки эффективности МПУ $\eta_в = f(q_т)$ при h = (6, 20, 40) мм, определенная по формулам

$$\eta_в = \left(1 + a_m x\right) e^{-a_m x};$$

$$x = 0,71\sqrt{\frac{36\nu_в q_т}{\left(\rho_\eta/\rho_в\right) g\pi d_y^2\left(1 - \dfrac{h}{h_р}\right)}}, \qquad (1)$$

где $a_m = 1,679/x_{0,5m}$ — параметр, выраженный через медиану распределения $x_{0,5m}$; x — минимальный размер частиц, задерживаемых МПУ; $q_т = 4,5 \cdot 10^{-6}$ м^3/с (расход топлива машиной составляет 32,5 л/100 км при скорости 50 км/ч); $d_у = 60 \cdot 10^{-3}$ м; $h = 6 \cdot 10^{-3}$ м; $h_р = 60 \cdot 10^{-3}$ м; плотность кварцевой пыли ρ_η = = 2600 кг/м^3; плотность воздуха $\rho_в$ = 1,2 кг/м^3; вязкость воздуха $\nu_в = 15,06 \cdot 10^{-6}$ м^2/с; $x_{0,5} = 6,398 \cdot 10^{-6}$ м (кварцевая пыль с $S_{уд}$ = 1050 м^2/кг); 0,71 — коэффициент, учитывающий влияние формы частиц, отличающейся от сферической [7]. По рис. 3 следует

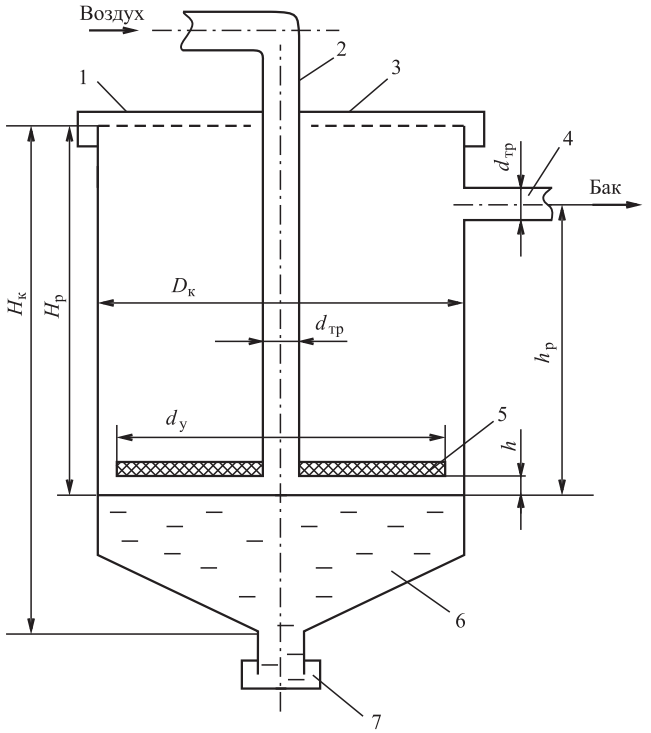

Рис. 2. Масляный пылеуловитель:

1 — корпус; *2* — трубка подвода запыленного воздуха; *3* — крышка; *4* — дыхательная трубка топливного бака; *5* — дисковый успокоитель; *6* — масло; *7* — заглушка

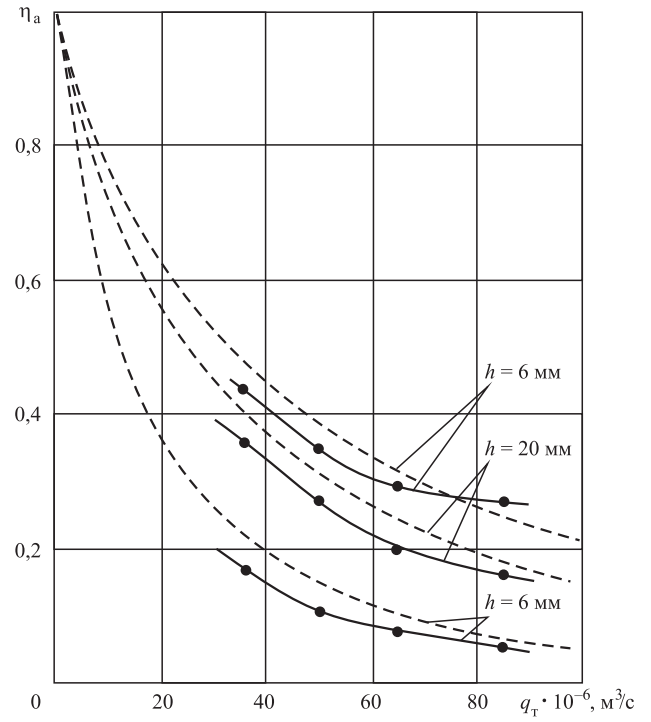

Рис. 3. Экспериментальная зависимость эффективности осаждения кварцевой пыли в МПУ от расхода воздуха. Пунктирные линии — расчет по формулам (1)

отметить достаточное совпадение теоретической и экспериментальной закономерностей осаждения кварцевой пыли в МПУ. Окончательное суждение по эффективности предлагаемой конструкции МПУ можно получить на основании эксплуатационных испытаний усовершенствованных топливных баков.

С целью уменьшения обводненности топлива разработано устройство для его обработки в топливном баке автомобиля, обеспечивающее подогрев топлива. На рис. 4 показаны схемы стандартного и усовершенствованного топливных баков автомобиля ТАТРА-815, а на рис. 5 — схема макетной установки для исследования баков.

В соответствии с разработанной методикой, описанной в работе [6], проведены стендовые испытания устройства на макетной установке (см. рис. 5), позволяющей моделировать процессы, протекающие в реальных топливных системах дизельных двигателей. Цель испытаний — экспериментальное подтверждение полученных теоретических результатов и закономерностей, а также количественная экспериментальная оценка эффективности применения предлагаемого устройства для обработки топлива.

Экспериментальная установка включала топливный бак автомобиля ТАТРА-815 с расположенным в нем устройством для подготовки топлива, резервуар с подогревателем для моделирования процесса нагрева топлива в двигателе, топливный насос, ротаметры для измерения расхода топлива, мерный сосуд для измерения количества сливаемого из резервуара топлива и систему измерения температуры топлива в различных точках, состоящую из хромель-никелевых термопар и вторичного прибора — самопишущего электронного потенциометра ЭПП-09, а также топливопроводы и запорную арматуру.

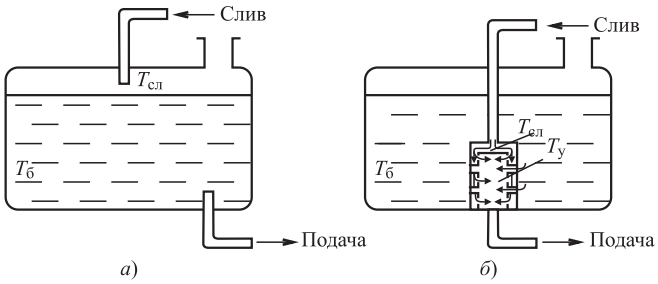

Рис. 4. Схематизация процесса теплообмена в топливных баках:

а — стандартного; *б* — усовершенствованного с устройством для обработки топлива; $T_{сл}$, $T_у$, $T_б$ — температуры слива, устройства, бака

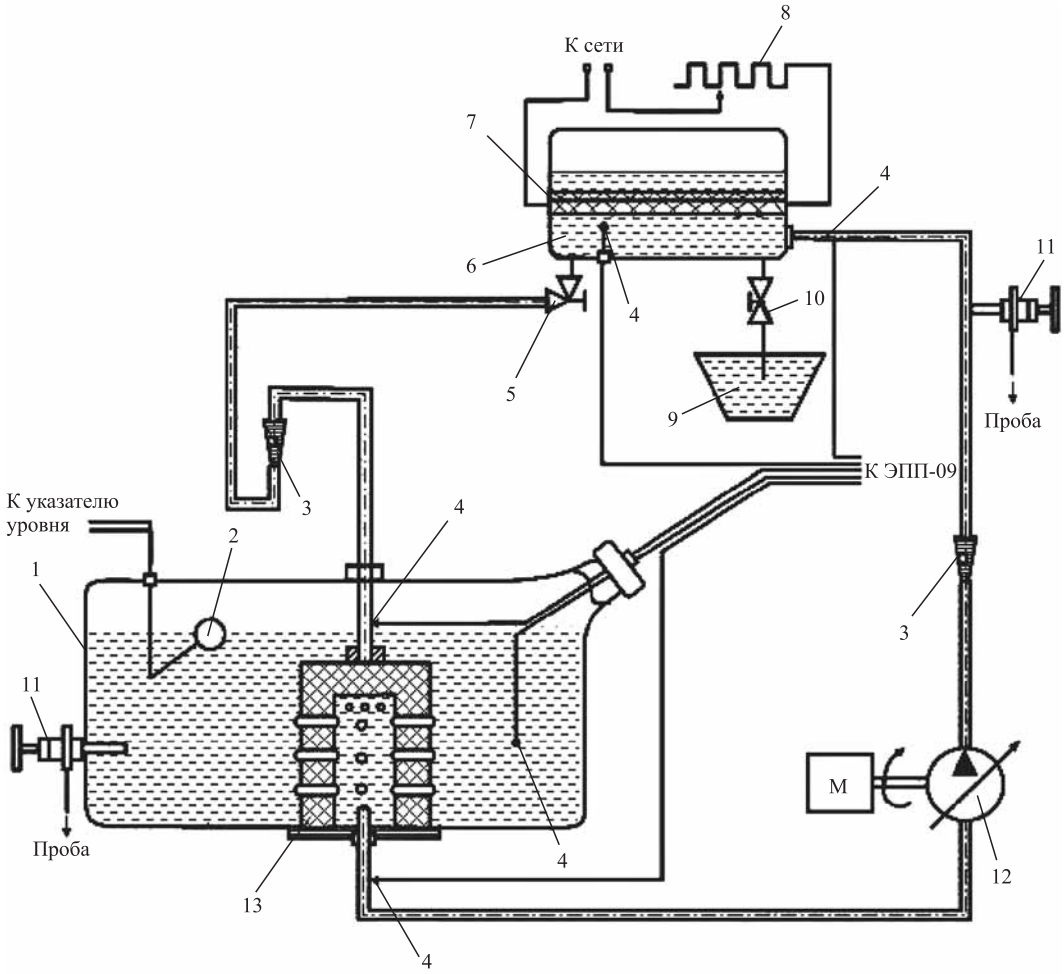

Рис. 5. Схема макетной установки:

1 — топливный бак; *2* — датчик поплавкового указателя уровня топлива в баке; *3* — ротаметры; *4* — термопары; *5* — угловой вентиль; *6* — резервуар; *7* — подогреватель; *8* — реостат; *9* — мерный сосуд; *10* — прямоточный вентиль; *11* — пробоотборники; *12* — топливный насос с электродвигателем; *13* — устройство для подготовки топлива

Испытания на установке проведены в следующей последовательности:

— в топливный бак *1* заливалось дизельное топливо в количестве $200 \cdot 10^{-3}$ м^3, а в резервуар *6*, соответственно, $50 \cdot 10^{-3}$ м^3/с;

— включался подогреватель *7* и при замкнутой циркуляции бак-резервуар-бак и при герметичном топливном баке производился разогрев установки;

— контролируя температуры с помощью термопар *4*, добивались стационарного теплообмена при установившихся температурах слива топлива $T_{сл}$ и температурах топлива в баке $T_б$;

— после стабилизации температур открывали доступ воздуха в бак *1* и отбирали первые пробы топлива;

— открывая прямоточный вентиль *10*, добивались слива части топлива, имитируя расход топлива дизелем $q_т$;

— в установившемся режиме "вырабатывали" 0,5 объема топлива в баке, периодически отбирая пробы топлива и фиксируя время их отбора;

— пробы топлива обрабатывали гидрид-кальциевым методом для определения содержания воды.

Испытания проводились на двух режимах подачи топлива, имитирующих характерные нагрузочные режимы работы дизельного двигателя автомобиля ТАТРА-815 в эксплуатации. Первый соответствует циркуляционному расходу топлива $V_т = 26{,}6 \cdot 10^{-6}$ м^3/с ($q_т = 4{,}45 \cdot 10^{-6}$ м^3/с, $i = 6$). Второй соответствует $V_т = 3{,}33 \cdot 10^{-6}$ м^3/с ($q_т = 5{,}55 \cdot 10^{-6}$ м^3/с, $i = 6$).

Таблица 7

Основные экспериментальные параметры первого цикла испытаний стандартного топливного бака автомобиля ТАТРА-815

Экспериментальная зависимость	Циркуляция, м^3/с	T_0 °К	$T_{сл}$ °К	$T_б$ °К	D_0, %
$C_w = f(\tau)$	$V_т = 26{,}6 \cdot 10^{-6}$ $q_т = 4{,}45 \cdot 10^{-6}$	261 ± 1,5	321 ± 2,5	282 ± 2,5	94 ± 2
$C_w = f(\tau)$	$V_т = 33{,}3 \cdot 10^{-6}$ $q_т = 5{,}55 \cdot 10^{-6}$	260 ± 1,5	325 ± 2,5	298 ± 2,5	91 ± 2

Первый цикл испытаний проведен со стандартным топливным баком (табл. 7). При проведении испытаний фиксировалась температура окружающей среды (где находился топливный бак) $T_о$ и с помощью гигрометра определялась относительная влажность воздуха $D_о$.

Результаты первого цикла испытаний приведены на рис. 6, *а*, *б* (кривые *1*). Из графиков следует, что в процессе выработки топлива из бака наблюдается увеличение количества растворенной воды. При расходовании половины объема топлива ($g_т$ = 0,5 — относительная величина) содержание воды существенно зависит от режима циркуляции топлива, который, в свою очередь, связан с нагрузочным эксплуатационным режимом двигателя машины. На рис. 6 также приведены расчетные кривые $C_w = f(g_т)$ по формуле:

$$C_w = k_в D_0 \exp\left(8,25 - \frac{3889}{T_б}\right)\left\{1 + \left[-\ln\left(1 - g_т\right)\right]\right\}, \quad (2)$$

где $g_т = \dfrac{Q_\tau}{k_б Q_б}$ — относительный объем израсходованного топлива; C_w — обводненность топлива заполненного бака при взаимодействии с воздухом надтопливного пространства. По рис. 6 можно отметить удовлетворительную сходимость теоретических и опытных характеристик.

Второй цикл испытаний проводился с баком, оснащенным устройством для обработки топлива (табл. 8). Устройство выполнено по схеме, показанной на рис. 2, *б*, и представляет собой коаксиальную стальную трубчатую сварную конструкцию высотой $H_у$ = 0,1 м, с наружным диаметром $D_у$ = 0,05 м и внутренней трубой $d_у$ = 0,03 м. Трубы соединены отверстиями и трубками диаметром 0,006 м по схеме (см. рис. 2, *б*). Внешняя поверхность устройства составляет $S_у$ = 0,0314 м^2. Испытания второго цикла проводились по методике, изложенной выше.

Результаты второго цикла испытаний приведены на рис. 6, *а*, *б* (кривые *2*). Здесь же представлены

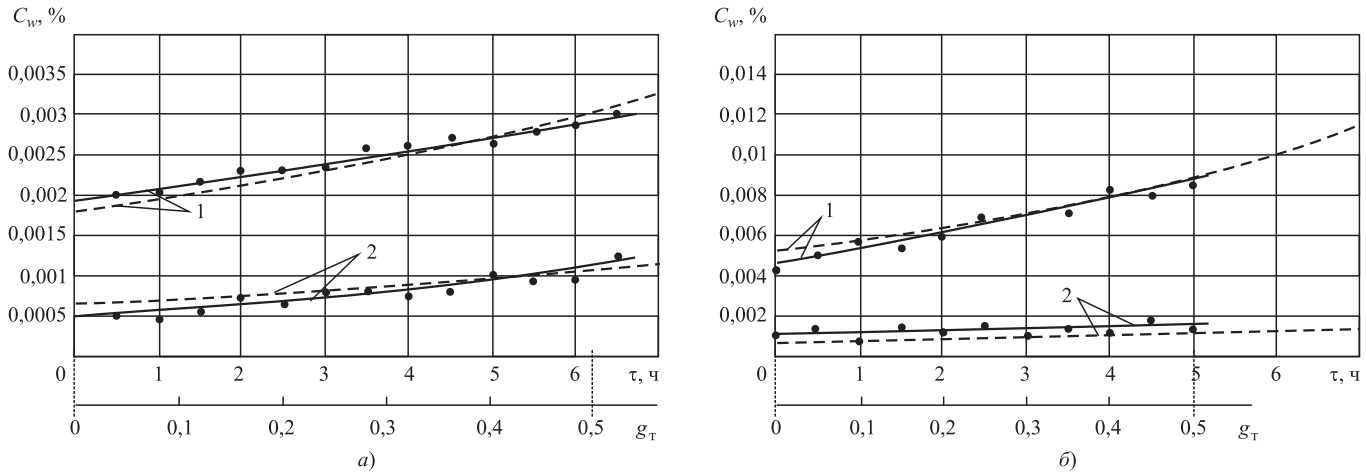

Рис. 6. Экспериментальная зависимость накопления растворенной воды в баке автомобиля ТАТРА-815:

а — циркуляция топлива $V_т = 26{,}6 \cdot 10^{-6}$ м^3/с; *б* — циркуляция топлива $V_т = 33{,}3 \cdot 10^{-6}$ м^3/с; *1* — стандартный бак; *2* — бак, оснащенный устройством для обработки топлива, пунктирная линия — расчетные данные по формуле (2)

Таблица 8

Основные экспериментальные параметры второго цикла испытаний стандартного топливного бака автомобиля ТАТРА-815

Экспериментальная зависимость	Циркуляция, $м^3/с$	T_0 °К	$T_{сл}$ °К	$T_б$ °К	$T_у$ °К	D_0, %
$C_w = f(\tau)$	$V_т = 26{,}6 \cdot 10^{-6}$ $q_т = 4{,}45 \cdot 10^{-6}$	262 ± 1,5	327 ± 2,5	264 ± 2,5	312 ± 2,5	92 ± 2
$C_w = f(\tau)$	$V_т = 33{,}3 \cdot 10^{-6}$ $q_т = 5{,}55 \cdot 10^{-6}$	260 ± 1,5	325 ± 2,5	263 ± 2,5	316 ± 2,5	90 ± 2

расчетные кривые $C_w = f(\tau)$ по формуле (2). Экспериментальные кривые удовлетворительно сходятся с теоретическими характеристиками. Сравнение полученных экспериментальных параметров первого и второго циклов испытаний показывает, что в зависимости от нагрузочного режима двигателя автомобиля ТАТРА-815 применение предлагаемого устройства для обработки топлива позволяет в (3—8) раз снизить среднее содержание растворенной воды в топливном баке машины (при $g_т$ = 0,5) и на 16—30° повысить температуру топлива, циркулирующего в системе топливоподачи.

Существенное влияние на рабочие свойства топливных фильтров дизельных двигателей и загрязненность топлива оказывают свойства фильтрационных материалов, которые определяются их стандартными и структурными характеристиками. Как уже отмечалось, для фильтров тонкой очистки в настоящее время применяют тонкослойные специальные бумаги и картоны, позволяющие формировать фильтрующие шторы сменных фильтроэлементов различной конфигурации. При этом для оценки эксплуатационных свойств фильтров необходимо знать следующие характеристики фильтрационных материалов: проницаемость K, $м^2$ (по закону Дарси); толщина δ, м; пористость $\psi_о$ (относительный объем пор); номинальная 50 % тонкость фильтрации $d_{0,5}$, мкм; номинальная 95 % тонкость фильтрации $d_{0,95}$, мкм. С целью расширения информации по современным материалам для топливных фильтров проводилось определение их характеристик методами, описание которых приведено в работе [6].

Испытаниям подвергались образцы фильтровальных бумаг отечественного производства (табл. 9), а также бумаг производства фирмы J. C. BINZER (Германия), применяемых для очистки автотракторных топлив (табл. 10). Анализ результатов показывает, что полученные характеристики зарубежных материалов соответствуют аналогичным характеристикам материалов отечественного производства.

Стендовые испытания фильтроэлементов тонкой очистки дизельного топлива проводились с целью сравнительной оценки фильтроэлементов серийной конструкции, устанавливаемых на автомобилях ТАТРА-815, и опытных усовершенствованных. Конструктивно серийный фильтрующий элемент (ФЭ) выполнен с использованием фильтрующей шторы звездообразного типа из бумаги с номинальной 95-%-ной тонкостью фильтрации $d_{0,95}$ = 10 мкм по схеме, показанной на рис. 7. Опытный образец

Таблица 9

Экспериментальные характеристики фильтровальных бумаг и картонов для тонкой очистки дизельного топлива

Материал	Толщина, $\delta \cdot 10^3$, м	Проницаемость, $К \cdot 10^{12}$, м	Пористость, $\psi_о$	Номинальная тонкость, $d_{0,5}$, мкм	Номинальная тонкость, $d_{0,95}$, мкм	ГОСТ, ТУ
БФДТ	0,33	0,048	0,48	0,91	2,57	ТУ ОП 13-0279514-08—92
БТ-3П	0,46	0,139	0,55	0,94	2,65	ТУ 81-04-478—77
БДТ-3К	0,4	0,23	0,56	1,2	2,83	ТУ ОП 13-0279514-09—82
БТ-5П	0,42	0,97	0,59	1,66	4,6	ТУ 81-04-581—80
БТ-10П	0,38	1,55	0,62	3,8	8,96	ТУ 81-04-568—80
БТ-170К	0,4	1,36	0,61	3,6	8,45	ТУ ОП 13-0279514-07—92

Таблица 10

Экспериментальные характеристики фильтровальных бумаг для очистки топлива зарубежного производства фирмы J.C.BINZER (Германия)

Сорт бумаги	Толщина, $\delta \cdot 10^3$, м	Проницаемость (по Дарси), $K \cdot 10^{12}$, м^2	Пористость, ψ	Номинальная тонкость фильтрации, $d_{0,5}$, мкм	Номинальная тонкость фильтрации, $d_{0,95}$, мкм
1750VH198	0,40	0,816	0,67	2,38	6,73
1765V198	0,36	2,6	0,73	3,57	10,12
882/2VH198	0,28	5,43	0,77	4,77	13,5
1723VH198	0,48	1,417	0,69	2,86	8,1
1723VHK662	0,51	0,036	0,59	1,19	3,37

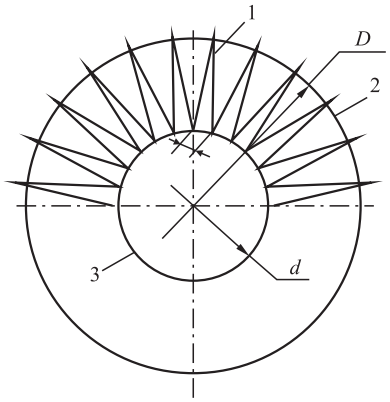

Рис. 7. Схема топливного фильтрующего элемента с гофрированной фильтрующей шторой и радиальными гофрами (звездообразная):

1 — штора; *2* — обечайка; *3* — трубка

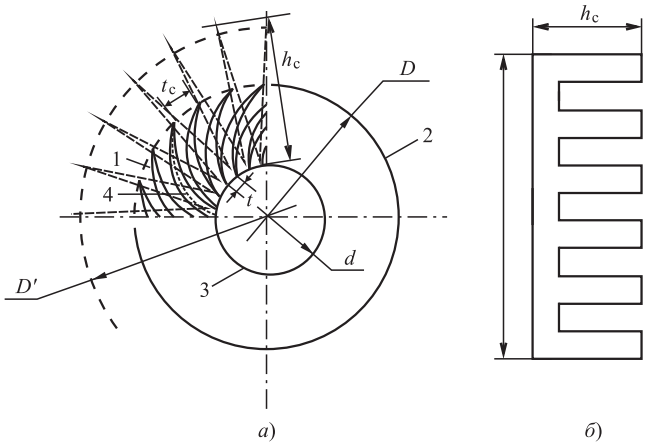

Рис. 8. Схема топливного фильтрующего элемента с гофрированной фильтрующей шторой и спиральными гофрами:

а — фильтрующий элемент; *б* — форма дренажной вставки из пористого материала; *1* — штора; *2* — обечайка; *3* — трубка; *4* — дренажная вставка

серийного ФЭ выполнен в том же типоразмере, но звездообразная штора выполнена из отечественной фильтровальной бумаги БФДТ (ТУ ОП 13-027951-08—92) ($d_{0,95}$ = 3 мкм).

Усовершенствованный опытный образец ФЭ в рамках того же типоразмера, что и серийный, со шторой из бумаги БФДТ отличается спиральной укладкой гофр по схеме, показанной на рис. 8. При этом ширина спиральных гофр в 2 раза выше, чем у радиальных в звездообразном ФЭ. Сравнительная характеристика испытуемых ФЭ представлена в табл. 11 (см. рис. 7 и 8).

Из табл. 11 следует, что усовершенствованный фильтрующий элемент отличается от серийного спиральной укладкой гофр большей ширины и наличием гребенчатых дренажных вставок в гофрах, которые выполнены из крупнопористого фильтровального материала ДРКБ (ТУ-81-04.178—72) толщиной 0,7 мм с пористостью ψ_o = 0,9 (рис. 8, *б*). Указанные вставки предотвращают "слипание" гофр в процессе работы ФЭ.

Сравнительные испытания проводились на лабораторном испытательном стенде (рис. 9) по методике, изложенной в работе [6]. Производилось снятие гидравлической характеристики, оценка номинальной тонкости очистки и снятие ресурсной характеристики. Опытные фильтрующие элементы проверялись на герметичность. При проведении испытаний использовалось дизельное топливо марки Л по ГОСТ 305—82 с кинематической вязкостью $\nu_т$ = = $4 \cdot 10^{-6}$ м^2/с, которая поддерживалась регулировкой температуры топлива. Гидравлические характеристики снимались на чистом топливе. При снятии ресурсных характеристик топливо загрязнялось кварцевой пылью с удельной поверхностью $S_{уд}$ = 1050 м^2/кг. При этом средняя концентрация пыли в смесительной

Таблица 11

Характеристики опытных фильтроэлементов

Характеристики фильтроэлементов	Опытный образец серийного ФЭ	Опытный образец усовершенствованного ФЭ
Наружный диаметр — D, мм	80	80
Внутренний диаметр — d, мм	40	40
Высота – Н, мм	135	135
Количество гофр — n, шт.	66	66
Материал шторы	БФДТ	БФДТ
Высота (ширина) гофр — h_c, мм	20	40
Тип шторы	Звездообразная с радиальными гофрами	Со спиральными гофрами
Средства стабилизации гофр	—	Дренажные гребенчатые вставки в гофрах

емкости (0,04 % по массе) поддерживалась периодическим введением навесок кварцевой пыли при постоянном циркуляционном расходе топлива $V_т = 120 \cdot 10^{-6}$ м^3/с (7,2 л/мин).

На рис. 10 представлены экспериментальные гидравлические характеристики опытных фильтрующих элементов. Видно, что усовершенствованный ФЭ имеет лучшую гидравлическую характеристику, а в целом экспериментальные кривые удовлетворительно согласуются с расчетными характеристиками, полученными с использованием формулы расчета начального гидравлического сопротивления топливного фильтрующего элемента со спиральными гофрами:

$$\Delta p_о = \frac{\nu_т \rho_т V_т}{\pi D^2 H} \lambda_c, \qquad (3)$$

где

$$\lambda_c = \left\{ 20 \ln(2) \overline{h_c} \left(\frac{D}{\delta}\right)^2 \times \right.$$

$$\left. \times \left[\frac{1}{\left[\left(\frac{\bar{t}}{k_t}\right)^2 - \left(\frac{\bar{t}}{k_t^2}\right)\right]} + \frac{4}{\left[\left(\frac{\bar{t}}{k_t}\right)^2 - 2\left(\frac{\bar{t}}{k_t^2}\right)\right]} \right] + \left(\frac{\delta^2}{K}\right) \frac{\bar{t}}{k_c \overline{h_c}} \right\},$$

здесь $\overline{h_c} = \frac{h_c}{D}$ — относительная длина спирального канала; $\bar{t} = \frac{t}{\delta}$ — относительный шаг гофрирования; $k_c = 0{,}7$. При $\overline{h_c} = 0{,}25$, $k_t = 1$, $k_c = 0{,}8$ формула (3) выражает гидравлическое сопротивление фильтрующего элемента с радиальными звездообразными гофрами. Зависимость (3) с принятыми коэффициентами может быть рекомендована для гидравлического расчета проектируемых ФЭ со звездообразной шторой и предлагаемой шторой со спиральными гофрами.

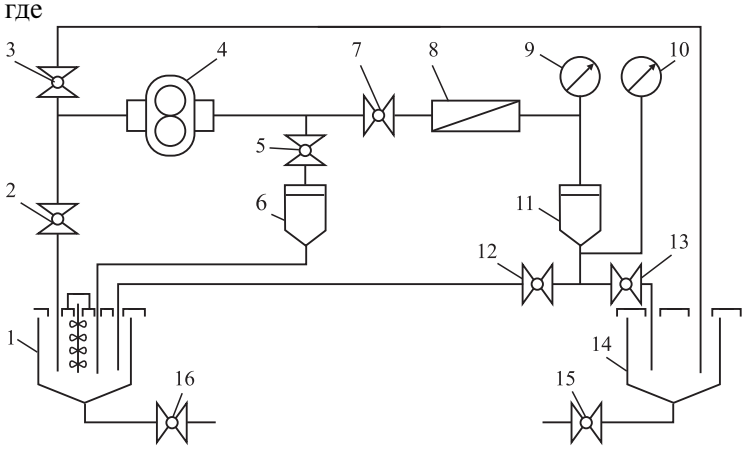

Рис. 9. Схема лабораторного испытательного стенда:

1 — технологическая емкость; *2*, *3*, *5*, *7*, *12*, *13*, *15*, *16* — вентили; *4* — регулируемый насос; *6*, *11* — корпуса фильтров; *8* — ротаметр; *9*, *10* — манометры; *14* — мерная емкость

На рис. 11 показаны экспериментальные ресурсные характеристики опытных фильтрующих элементов в виде зависимости перепада давления на ФЭ от времени работы ФЭ на загрязненном топливе. Характер кривых близок к экспоненциальному. Видно, что при одинаковых условиях загрязнения топлива и циркуляции кривая $\Delta p = f(\tau)$ опытного ФЭ со спиральными гофрами более пологая. При этом наработка ФЭ серийной конструкции до $\Delta p_{кр}$ = 150 кПа составила 1,6 ч. Наработка усовершенствованного ФЭ

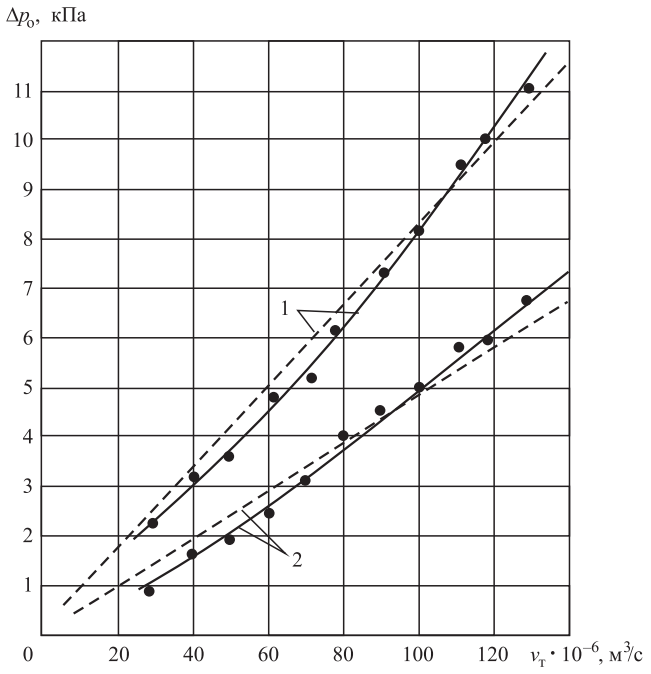

Рис. 10. Гидравлические характеристики опытных фильтрующих элементов:

1 — серийный (звездообразный) ТАТРА-815; *2* — усовершенствованный (со спиральными гофрами); пунктирные линии — расчет по формуле (3)

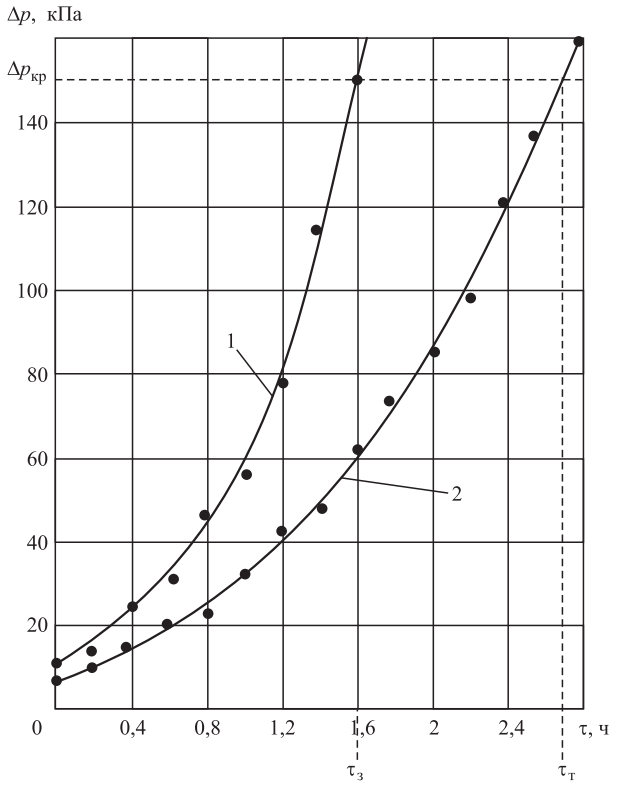

Рис. 11. Ресурсная характеристика опытных фильтрующих элементов:

1 — серийный (звездообразный) ТАТРА-815; *2* — усовершенствованный (со спиральными гофрами)

составила 2,6 ч, т. е. этот фильтрующий элемент имеет условный стендовый ресурс в 1,62 раза больше, чем у серийного. Таким образом, фильтрующий элемент предлагаемой конструкции может быть рекомендован для сравнительных эксплуатационных испытаний на машинах ТАТРА-815.

Проведенное комплексное экспериментальное исследование загрязненности дизельного топлива для дизельных двигателей автомобильной и сельскохозяйственной техники подтвердило значительную зависимость загрязненности и обводненности дизельного топлива от параметров и характеристик систем его очистки и необходимость совершенствования этих систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Свиридов Ю. Б., Малявинский Л. В., Вихерт М. М.** Топливо и топливоподача автотракторных дизелей. — Л.: Машиностроение, 1979. — 248 с.
2. **Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А.** Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для вузов. Второе издание. — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. — 344 с.
3. **Машиностроение. Энциклопедия.** Том IV. Двигатели внутреннего сгорания / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, Н. А. Иващенко. — М.: Машиностроение, 2013. — 784 с.
4. **Марков В. А., Девянин С. Н., Мальчук В. И.** Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — 360 с.
5. **Нефтяные моторные топлива**: экологические аспекты применения / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. — М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2014. — 691 с.
6. **Зыков С. А.** Методы исследования загрязненности и обводненности дизельного топлива // Грузовик. — 2017. — № 1. — С. 21—31.
7. **Хаппель Д.** Гидродинамика при малых числах Рейнольдса / Д. Хаппель, Г. Бреннер. — М.: Мир, 1976. — 630 с.

УДК 623:658.7

В. А. Горюхов, доцент, НИИЦ СТ ЖДВ 3 ЦНИИ Минобороны России, г. Москва
E-mail: Gorvlad23@yandex.ru

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В статье изложена концепция обеспечения строительных организаций строительно-восстановительными материалами и конструкциями при планировании и производстве работ по восстановлению разрушенных объектов в условиях чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: *концепция, строительно-монтажная организация, обеспечение, материальные ресурсы, чрезвычайная ситуация.*

In this article the concept of providing construction companies construction and rehabilitation materials and structures in the planning and execution of work to restore the destroyed facilities in emergency situations.

Keywords: *concept, construction organization, providing material resources, emergency.*

В настоящее время любая экономическая деятельность отечественного предприятия основана и организована с целью извлечения прибыли, ее максимизации и удовлетворения потребностей населения. Эффективность такой деятельности во многом зависит от эффективности и ритмичности материально-технического обеспечения, при условии что материальный запас вовремя и в полном объеме удовлетворит потребность производства в нужных ресурсах. Данный процесс должен сопровождаться постоянным контролем за доставкой материалов, хранением и распределением их на складах, при минимизации затрат.

Для непрерывной производственной деятельности строительной организации необходимо иметь в наличии резерв материальных запасов. Поддержанием уровня запасов на предприятии занимается отдел закупок, основная задача которого выражается в своевременном и постоянном обеспечении производства необходимыми материальными запасами надлежащей комплектности и качества.

Процесс управления запасами строительных материалов — это объединение правил и способов, благодаря которым можно регулировать и фиксировать уровень запасов на предприятии и определить, какие запасы материалов следует поддерживать, периодически пополнять и каким должен быть объем заказа.

Очень важным является эффективное и рациональное управление запасами с минимальными инвестициями. При определении размера капитала для создания запасов предприятие сталкивается с двумя требованиями. Во-первых, организация должна поддерживать наличие запасов на складе, достаточных для производства и реализации продукции. Во-вторых, она должна не допускать и избегать излишних запасов, которые увеличивают издержки.

Все строительные предприятия имеют определенную долю запасов материальных ресурсов. При этом они руководствуются следующими принципами.

1. Обеспечивают независимость своей производственной деятельности. Запас материалов на строительном объекте обеспечивает определенную гарантию и стабильность в производственном процессе, что, в свою очередь, обеспечит бесперебойное строительство. Необходимость запасного времени на перенастройку каждого нового изделия и наличие материального запаса помогает сократить упущенное время.

2. Поддерживают самостоятельность рабочих мест на сборочных линиях. Время, которое необходимо для выполнения схожих процессов, меняется от од-

ной специфики объекта к другой. Следовательно, на строительном объекте необходимо иметь запас некоторых материалов, чтобы при увеличении допустимой нормы времени на выполнение операции конкретного объекта можно было из запаса материалов компенсировать такую задержку.

3. Контроль учета за колебаниями спроса на материалы. Когда спрос на материалы известен точно, их можно заказывать в соответствии с этим спросом. Однако бывает, что спрос невозможно определить точно и поэтому, чтобы избежать его колебания, необходимо иметь в наличии некоторый резервный запас готовых материалов.

4. Гарантируют гибкость производства. Содержание материальных запасов позволяет уменьшить влияние размера выпуска продукции на производственную систему. Запасы помогают сохранить часть времени для подготовки к выпуску продукции, что позволяет и дает возможность спланировать более нормированный и недорогостоящий производственный процесс с помощью выпуска значительных партий товаров. При больших затратах на размещение заказа большую прибыль принесет выпуск крупных партий готовых товаров.

5. Поддержание защиты от колебаний в период доставки материалов. При заказе у поставщика того или иного товара есть вероятность возникновения разнообразных задержек, которые основываются на ряде причин. Такими причинами могут быть обычные колебания во времени при доставке; отсутствие необходимого материала на заводе поставщика, который создает задержку в выполнении заказа; потеря заказа и доставка несоответствующего по качеству материала, который был необходим заказчику.

6. Эксплуатация увеличенного размера заказа на закупку. Распределение заказа связано с отдельными расходами: трудовые затраты, затраты на телефонные переговоры, пересылку и т. п. Владея данной информацией, можно сделать следующий вывод: чем больше объем каждого заказа, тем ниже будет количество заказов, которое нужно подготовить. Исходя из этого, можно сказать, что расходы на доставку оказывают большее влияние в пользу больших заказов, то есть чем больше объем поставки, тем меньшими будут расходы на единицу поставляемой продукции.

Организация эффективного информационного обеспечения управления материальными запасами предприятия в соответствии с современными требованиями и моделями управления процессом оказания услуг является одной из важнейших задач в настоящее время.

Информационное обеспечение управления материальными запасами должно соответствовать основным целям предприятия. К ним относятся повышение рентабельности, рост финансовой устойчивости и инвестиционной привлекательности компании. Все это достигается путем правильного обеспечения предприятия своевременными запасами и необходимой информацией.

Для ликвидации чрезвычайных ситуаций и для целей гражданской обороны (ГО) организации, отвечающие за восстановление объектов, создают материальный резерв (далее — резервы) в соответствии с требованиями федеральных законов [1—4].

Номенклатура резервов для ликвидации чрезвычайных ситуаций и в целях гражданской обороны определена в ряде нормативно-правовых документах. В соответствии с этими документами:

— резерв для ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также в целях гражданской обороны создается объединенный, учитывается общий объем накопленных материальных средств;

— резервы создаются решением администрации предприятия, т. е. приказом, распоряжением или иным локальным актом предприятия;

— назначаются должностные лица, в обязанности которых входит учет резервов, содержание помещений для их хранения, обеспечение сохранности и готовности к применению;

— номенклатура резервов и количество материальных средств оформляют приложением к локальному акту о создании резервов или отдельным локальным актом.

При определении номенклатуры и объемов запасов должны учитываться имеющиеся материальные ресурсы, накопленные для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и для целей ГО. Номенклатура средств, закладываемых в резерв, также определяется исходя из возможного характера военных действий на территории Российской Федерации, величины возможного ущерба объектам экономики и инфраструктуры, а также норм минимально необходимой достаточности запасов в военное время.

В целях ГО закладываются материальные средства, предназначенные:

— для первоочередного обеспечения населения в военное время;

— для оснащения спасательных воинских формирований Министерства обороны Российской Федерации по делам ГО при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС) и ликвидации последствий стихийных бедствий;

— для аварийно-спасательных формирований и спасательных служб при проведении спасательных и других неотложных работ в случае возникновения опасности при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении ЧС природного и техногенного характера.

Масштабы и виды возможных ЧС, когда организация попадает в зону действия поражающих факторов, определены в планирующих документах по ЧС, к которым относятся: планы действий при угрозе и возникновении ЧС природного и техногенного характера, планы ликвидации аварийных розливов нефтепродуктов, декларации промышленной безопасности, планы ликвидации аварийных ситуаций и другие документы.

Восстановительным работам после последствий чрезвычайных ситуаций должно предшествовать тщательное инженерное обследование объектов, целью которого является установление объемов разрушения, т. е. коэффициента разрушения, с дальнейшим расчетом необходимых трудовых и материальных ресурсов. С точки зрения технологии работ разработка поврежденных конструктивных элементов объектов практически незначительно отличается от работ, производимых при реконструкции.

Вывод. Потребность в материальных ресурсах должна определяться по физическим объемам работ на основании предварительно принятых в проекте технологических, объемно-планировочных и конструктивных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Федеральный закон** от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера". Ст. 14.
2. **Федеральный закон** от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ "О гражданской обороне". Ст. 9.
3. **Постановление Правительства РФ** от 10 ноября 1996 г. № 1340 "О порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".
4. **Постановление Правительства РФ** от 27 апреля 2000 г. № 379 "О накоплении, хранении и использовании в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств".

Новые сертификаты

ПАО "КАМАЗ" получило европейские Одобрения типа транспортных средств на четыре модели автомобилей уровня Евро 6.

По условиям сертификации это значит, что трехосные автомобили (КАМАЗ-43118 и КАМАЗ-65115) и двухосные (полноприводный КАМАЗ-43502 и КАМАЗ-53605) могут производиться как в полнокомплектном виде, так и в виде шасси и продаваться в 28 странах Европы. Выпуск этой продукции компания планирует осуществлять на территории партнерского предприятия в Литве, куда из Набережных Челнов будущие КАМАЗы поступают в виде сборочного комплекта деталей. При этом одновременно с сертификатами на выпуск автомобилей предприятие получает также сертификат на производство.

"Работа в этом направлении велась согласно планам компании по расширению рынков сбыта, в частности, усиления экспортного направления", — пояснил начальник конструкторского отдела сертификации Научно-технического центра ПАО "КАМАЗ" Юрий Рубинчик. Он подчеркнул, что цель сертификации — это всегда новые коммерческие проекты.

Европейцы уже оценили весьма привлекательное по цене камазовское шасси и возможность установки на него различного оборудования: пожарного, кранового, коммунальных спецнадстроек как европейского, так и российского производства. Вместе с двигателем Cummins экологического стандарта Евро 6 получается весьма интересный продукт. Это позволяет "КАМАЗу" участвовать в различных тендерах, выполнять потребительские заказы с конкретным типом оборудования.

По словам Юрия Рубинчика, в ряде европейских стран, где большей частью используются неполноприводные автомобили, высокую оценку заслужили тяговые способности камазовских автомобилей, и потому есть планы расширения модельного ряда машин. Европейские сертификаты открывают перед "КАМАЗом" широкие возможности. Главным образом, это доступ на рынки многих стран АТР, Латинской Америки.

В истории "КАМАЗа" это уже второй факт получения сертификатов европейского образца. Первые, на сборку автомобилей Евро 5, были выданы в 2012 г. Однако с 2015 г. в Европе начали действовать нормы экологического класса Евро 6. Тогда руководством ПАО "КАМАЗ" было принято решение спроектировать такие автомобили и сохранить свое присутствие на европейском рынке.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 629.113

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, СамГТУ, г. Самара,
В. В. Иванов, д-р техн. наук, ПВГУС, г. Тольятти,
А. В. Заятров, канд. техн. наук, ТГУ, г. Тольятти,
Д. И. Панюков, канд. техн. наук, ПВГУС, г. Тольятти
E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ

В статье представлены результаты разработки и реализации комплекса информационно-аналитических инструментов, позволяющих проводить исследование текущих значений показателей качества автомобилей и их прогнозирование на будущие периоды.

Ключевые слова: *качество, надежность, ремонтопригодность, удовлетворенность потребителей, автомобиль.*

The article presents the results of the development and implementation of a complex information and analytical tools allows the study of current values of the quality indicators and their forecasting for future periods.

Keywords: *quality, reliability, maintainability, customer satisfaction, car.*

Оценка показателей качества высокотехнологичной продукции машиностроения, к числу которой относятся автотранспортные средства, является одной из важных составляющих в общей системе оценки эффективности деятельности предприятий автопрома.

В системе менеджмента качества (СМК) автомобильных корпораций в качестве критериев оценки деятельности присутствуют экономические показатели, однако наличие их в системе измерения качества продукции и услуг компании далеко не всегда претендует на комплексность. Зачастую для руководства, основными показателями являются: количество отгруженной потребителю продукции; ритмичность производства с выполнением нормативов простоя; дефектность продукции внутри производства; обеспечение денежного потока от продаж автомобилей [4]. И в этой части показатели, определяющие экономическую оценку качества, представляют собой объективный срез информации, потенциально направленный к действиям по улучшению, поскольку именно качество, в первую очередь, определяет конкурентоспособность, а соответственно, и потери от несовершенного продукта или услуги снижают потребительские предпочтения в отношении определенных брендов [6, 7].

Именно поэтому разработка и реализация комплекса информационно-аналитических инструментов, определяющих экономические показатели качества автотранспортных средств в эксплуатации, является актуальной научно-технической проблемой.

В настоящее время практика работы корпоративных служб качества автомобильных компаний нацелена на получение данных об уровне частоты отказов или несоответствий; удовлетворенности потребителей и т.д. [2, 3, 9]. Получается что, несмотря на широкую известность ряда аналитических инструментов, например, таких как диаграмма Парето, использование их в качестве основных индикаторов экономической оценки качества высокотехнологичной продукции автомобилестроения не всегда происходит системно [3]. Кроме того, использование каждого инструмента в отдельности несет единичный эффект и позволяет вскрывать только определенные особенности исследуемого объема данных из гарантии. При этом комплексное применение инструментов, определяющих различные аспекты экономического исследования качества продукции, приводит к синергетическому эффекту, при котором в большей степени раскрывается картина формирования экономики качества продукции в эксплуатации.

Еще одним важным аспектом, на котором следует остановиться, прежде чем перейти к определению цели исследования, является специфика автомобильной промышленности, заключающаяся в том, что современный продукт автомобилестроения чрезвычайно сложен и состоит из систем физически разноплановых: электрооборудование; кузов; двигатель внутреннего сгорания; тормозная система; шасси и т.д. При этом ключевой задачей производителя

является технически эффективная интеграция данных систем в едином объекте [3, 4].

Понимая на экспертном уровне, что конструкторское усложнение продукции ведет к снижению ее отказоустойчивости, автопроизводители в погоне за потребителем создают новые электротехнические и электронные системы, улучшающие комфорт и функциональность, при этом не повышая значительно стоимость продукта и гарантируя его надежность в течение длительного периода эксплуатации [5, 6]. Это происходит в условиях постоянного реформирования и модернизации автомобильных корпораций на всех уровнях с точки зрения сокращения затрат и повышения эффективности деятельности. Именно поэтому комплексность использования аналитических инструментов измерения экономических показателей качества создает дополнительные возможности в решении глобальных корпоративных задач, связанных с обеспечением роста эффективности [3].

Целью данного исследования является разработка и реализация научно-практического, информационно-аналитического комплекса инструментов, направленных на анализ и прогнозирование экономических показателей качества сложной, высокотехнологичной продукции машиностроения (на примере автомобилестроения).

Основные результаты исследования

Упрощенная схема процессов, принимающих участие в мониторинге, прогнозировании и корректировке показателей качества продукции в период эксплуатации, представлена на рис. 1 [3]. Как видно из схемы, существуют процессы системы менеджмента качества промышленного предприятия, для которых определена ведущая роль в реализации деятельности по сбору информации и ее передаче в аналитический центр, где происходит анализ и прогнозирование качества продукции.

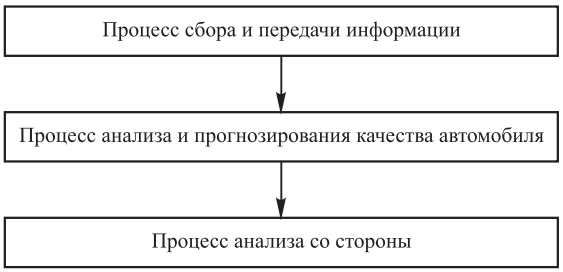

Рис. 1. Схема процессов

Собственно продуктом аналитического центра компании является набор информации, регламентированный и формализованный по определенным правилам и требованиям. Именно этот набор является фундаментом процесса анализа со стороны руководства компании. И, естественно, от того, насколько он соответствует требованиям полноты, достоверности, оперативности и так далее, зависит правильность принятия решений в области качества со стороны высшего руководства [6].

Таким образом, процесс анализа данных о качестве продукции должен подчиняться правилам:

1) оценка качества автомобилей и выбор информации по ним проводятся с обязательным указанием периода выпуска;

2) для оценки качества автомобилей используются следующие показатели: рекламируемость; средняя дефектность; общие затраты; средние затраты; средняя трудоемкость; величина спектра дефектов;

3) анализ качества автомобилей заключается в определении тенденций изменения качества объекта в целом и его частей, влияния на качество исследуемого объекта подразделений и поставщиков;

4) инструментами анализа качества автомобилей служат: диаграммы Парето, временные ряды, диаграммы сравнения, диаграммы потерь качества. При необходимости графическая информация дополняется табличной формой, помогающей раскрыть анализируемую информацию;

5) на основе анализа качества автомобилей разрабатываются и принимаются стратегические решения по повышению качества и конкурентоспособности продукции.

Внесем основные обозначения объектов анализа: автомобиль (все модели в целом) — A; модель — M_i; модификация — m_i; группа — RS_i; подгруппа — RP_i; узел — RY_i; деталь — RD_i; дефект — D_i подразделение-виновник — W_i; предприятие сервисно-сбытовой сети — Y_i; объем выпуска по объектам "Автомобиль", "Модель", "Модификация" — V; количество зарекламированных объектов "Автомобиль", "Модель", "Модификация" — R; трудоемкость устранения дефектов — T; величина спектра дефектов — S_p.

Расчетные формулы для определения показателей качества в рамках разрабатываемой комплексной методологии

Количество дефектов:

$$D = \sum_{i=1}^{n} D_i. \qquad (1)$$

Затраты в целом и затраты на запасные части, услуги, материалы:

$$Z = \sum_{i=1}^{n} Z_i;\ ZY = \sum_{i=1}^{n} ZY_i;$$
$$ZZ = \sum_{i=1}^{n} ZZ_i;\ ZM = \sum_{i=1}^{n} ZM_i. \quad (2)$$

Средние затраты (общие, на услуги, запчасти, материалы) на один выпущенный автомобиль:

$$Z^V = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z_i}{V};\ ZY^V = \frac{\sum_{i=1}^{n} ZY_i}{V};$$
$$ZZ^V = \frac{\sum_{i=1}^{n} ZZ_i}{V};\ ZM^V = \frac{\sum_{i=1}^{n} ZM_i}{V}. \quad (3)$$

Средние затраты (общие, на услуги, запчасти, материалы) на один зарекламированный автомобиль:

$$Z^R = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z_i}{R};\ ZY^R = \frac{\sum_{i=1}^{n} ZY_i}{R};$$
$$ZZ^R = \frac{\sum_{i=1}^{n} ZZ_i}{R};\quad ZM^R = \frac{\sum_{i=1}^{n} ZM_i}{R}. \quad (4)$$

Средняя дефектность одного выпущенного автомобиля:

$$\bar{D}^V = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{V}. \quad (5)$$

Средняя дефектность одного зарекламированного автомобиля:

$$\bar{D}^R = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{R}. \quad (6)$$

Средняя трудоемкость устранения одного дефекта:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{\sum_{i=1}^{n} D_i}. \quad (7)$$

Рекламируемость:

$$R^V = \frac{R}{V}. \quad (8)$$

Комплексная методология расчета показателей качества включает в себя такой критерий оценки, как величина спектра дефектов S_p, которая вычисляется по выборке из архива электронной базы данных дефектов (без учета повторяющихся дефектов).

Динамика показателей качества анализируется с помощью временных рядов, построенных по датам выпуска автомобилей. Временной ряд представляет собой последовательность значений показателей качества, расположенных по датам выпуска. Анализ временного ряда осуществляется с помощью построения линии тренда и оценки ее параметров.

Связь между значениями величин x и y для некоторой совокупности моделируется линейной зависимостью $y = \alpha + \beta x$ [1, 8]. Наличие случайных отклонений, вызванных воздействием на переменную y множества других не учтенных в нашем уравнении факторов и ошибок измерения, приводит к тому, что связь наблюдаемых величин x_i и y_i приобретет вид $y = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$. Здесь ε_i — случайные ошибки (отклонения, возмущения). Задача состоит в том, чтобы по имеющимся данным наблюдений $\{x_i\}$ и $\{y_i\}$ определить оценки коэффициентов α и β.

По точкам наблюдения всегда можно построить прямую $y = \alpha + \beta x$, которая является "ближайшей" к точкам наблюдений. Критерием близости обычно служит минимум суммы квадратов разностей наблюдений зависимой переменной y_i и теоретических значений, рассчитанных по уравнению прямой: $\alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$.

$$Q = \sum_i e_i^2 = \sum_i \left(y_i - (a + bx_i)\right)^2 \to \min. \quad (9)$$

Минимизация Q выполняется методом наименьших квадратов. В уравнении линии тренда значимость оцененного коэффициента b проверяется с помощью анализа его отношения к своему стандартному отклонению: $S_b = \sqrt{D(b)}$, где

$$D(b) = \frac{S^2}{\sum_i \left(x_i - \bar{x}\right)^2},\ S^2 = \frac{\sum_i e_i^2}{n-2},\ e_i = y_i - a - bx_i. \quad (10)$$

Величина S_b в случае выполнения исходных предпосылок модели имеет t-распределение Стьюдента с $(n - 2)$ степенями свободы (n — число наблюдений) [9]:

$$t = \frac{b}{\sqrt{D(b)}} = \frac{b}{S_b}. \quad (11)$$

При оценке коэффициента b используется следующее правило. Если стандартная ошибка S_b коэффициента b больше его модуля ($|t| < 1$), то он не может быть признан значимым. Если S_b меньше модуля коэффициента, но больше его половины ($1 < |t| < 2$), то оценка может рассматриваться как достаточно значимая. Значение $|t|$ от 2 до 3 свидетельствует о весьма значимой связи, при $|t| > 3$ есть практически достоверное свидетельство связи.

Дисперсия свободного члена уравнения регрессии равна:

$$D(a) = D(b)\frac{\sum_i x_i^2}{n}. \qquad (12)$$

Оценка статистической значимости коэффициента a осуществляется аналогично оценке коэффициента b с использованием t-распределения Стьюдента.

Для анализа общего качества полученного уравнения линии тренда используется коэффициент детерминации R^2. Он является мерой, позволяющей определить, в какой степени найденная прямая лучше объясняет поведение зависимой переменной y, чем просто горизонтальная прямая $y = \bar{y}$. Если существует статистически значимая линейная связь, то коэффициент R^2 близок к единице [1, 8].

Коэффициент детерминации рассчитывается по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i e_i^2}{\sum_i \left(y_i - \bar{y}\right)^2}. \qquad (13)$$

Для определения статистической значимости коэффициента детерминации R^2 проверяется гипотеза о равенстве нулю коэффициента b уравнения регрессии (нулевая гипотеза). Необходимая статистика F рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{R^2(n-2)}{1-R^2}. \qquad (14)$$

По таблицам для распределения Фишера находится критическое значение $F_{кр}$, если $F > F_{кр}$, то нулевая гипотеза отвергается (соответственно, отвергается то, что уравнение регрессии должно иметь вид $y = \bar{y}$).

Приведение и прогнозирование показателей качества

В силу того, что в гарантийной эксплуатации всегда присутствуют автомобили с незавершенным сроком гарантийной эксплуатации, значение количества дефектов на этих автомобилях оказывается неполным. Кроме того, на некоторых автомобилях дефекты просто не успевают проявиться. В связи с этим сначала решается задача приведения показателей качества автомобилей. Она состоит в том, чтобы предсказать будущие значения показателей качества по имеющимся неполным данным.

Ниже излагается методика приведения на примере средней дефектности зарекламированного автомобиля.

1. По информации об автомобилях шести последних месяцев выпуска, которые на момент анализа завершили гарантийную эксплуатацию, рассчитываются показатели с разбивкой по сроку гарантийной эксплуатации (за один месяц, за два месяца, за три и т.д.): $A_t(A_T)$ — количество зарекламированных автомобилей/моделей/модификаций за t месяцев гарантийной эксплуатации (за полный срок гарантийной эксплуатации); $D_t(D_T)$ — количество дефектов на автомобилях/моделях/модификациях за t месяцев гарантийной эксплуатации (за полный срок гарантийной эксплуатации).

2. Рассчитываются доли показателей для каждого срока гарантийной эксплуатации t:

$$P_t^A = \frac{A_t}{A_T}; \quad P_t^D = \frac{D_t}{D_T}. \qquad (15)$$

3. Определяется коэффициент приведения показателя для каждого срока гарантийной эксплуатации t:

$$k_t^D = \frac{P_t^A}{P_t^D}. \qquad (16)$$

4. Для получения приведенных значений средней дефектности фактические (неполные) значения средней дефектности умножаются на соответствующие коэффициенты приведения.

Для получения приведенных значений показателя реальные значения средней дефектности умножаются на соответствующие коэффициенты приведения. Например, для автомобиля выпуска мая 2015 г. на момент анализа прошел 1 месяц гарантийной

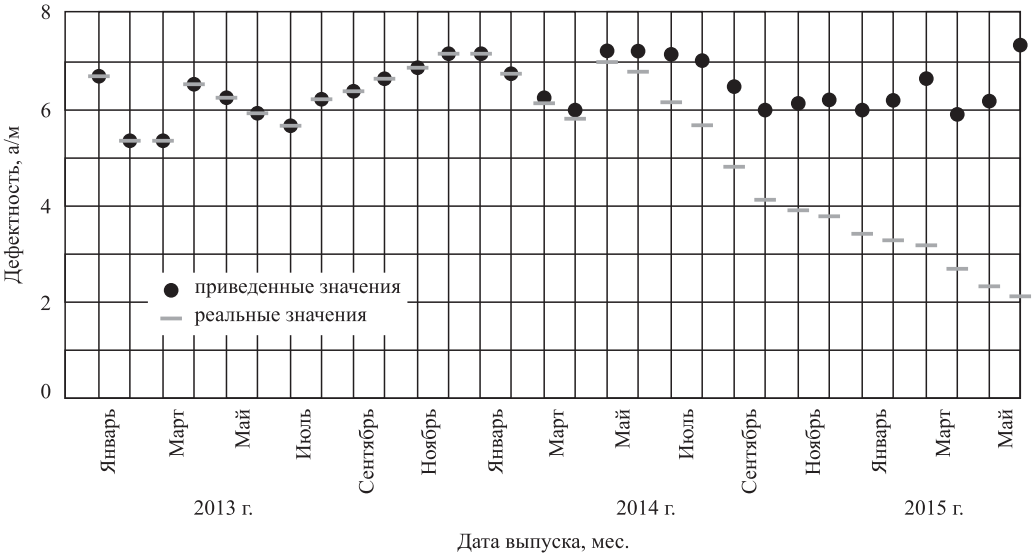

Рис. 2. Приведение средней дефектности

эксплуатации. Следовательно, для приведения их средней дефектности используется формула:

$$\bar{D}_{\text{прив}} = k_{\text{I}}^{D}\bar{D}, \qquad (17)$$

где $\bar{D}$ и $\bar{D}_{\text{прив}}$ — реальные (неполные) и приведенные значения средней дефектности одного зарекламированного автомобиля.

Реальные (неполные) значения и полученные приведенные значения средней дефектности одного зарекламированного автомобиля для остальных месяцев выпуска представлены на рис. 2.

Прогнозирование показателей качества выполняется по формуле:

$$y = ax + b + C\sin\left(\frac{2\pi}{12}x + d\right). \qquad (18)$$

Параметры a и b находятся по методу наименьших квадратов (9). Для вычисления C и d используется процедура, основанная на методе наименьших квадратов в сочетании с методом Ньютона.

Рассмотрим основные аналитические инструменты, которые необходимо использовать в анализе и прогнозировании качества новых автомобилей в эксплуатации исходя из предложенных выше правил, с привязкой к конкретной информационной базе, отражающей уровень дефектности автомобилей одной из ведущих марок, за период 2012—2015 гг.

Диаграммы Парето [2—4] являются одним из семи широко применяемых инструментов для анализа качества продукции (рис. 3, 4). Известно, что около 80 % потерь, связанных с низким качеством, обусловлено небольшим количеством (20 %) причин (принцип Парето 80:20). В анализе качества автомобилей используются диаграммы Парето, построенные по автомобилям определенного периода выпуска. Диаграммы Парето позволяют выделить те объекты, с которыми связаны наибольшие потери качества (по дефектам и затратам на устранение), и провести анализ этих объектов на основе временных рядов.

Построение диаграмм Парето проводится по всем показателям качества, выделяются основные объекты анализа (20 %).

Как видно из рис. 4, из 40 наиболее затратных дефектов гарантийной эксплуатации 29 относятся к системе электрооборудования, более того, из 10 первых дефектов 7 относятся к рассматриваемой системе.

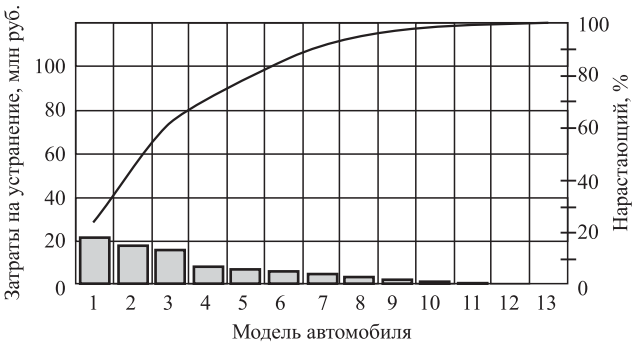

Рис. 3. Диаграмма Парето по затратам на устранение дефектов по моделям автомобилей

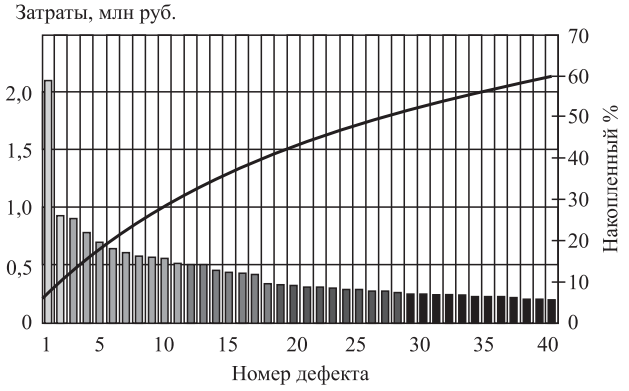

Рис. 4. Диаграмма Парето по номенклатуре дефектов гарантийной эксплуатации:

1 — не работает индивидуальная катушка зажигания; *2* — не работает датчик расхода воздуха; *3* — стук правой телескопической стойки; *4* — дефект счетчика пробега; *5* — заклинивает замок в положении "стартер"; *6* — не работает тахометр; *7* — люфт, стук подшипника верхней опоры стойки; *8* — замыкают обмотки статора стартера; *9* — дефект контроллера; *10* — шум при работе генератора; *11* — дефект прокладки головки цилиндров; *12* — дефект патрубка дроссельного; *13* — обрыв цепи якоря стартера; *14* — дефект щетки стартера; *15* — дефект указателя скорости; *16* — дефект нейтрализатора; *17* — шум стартера; *18* — прочие дефекты генератора; *19* — стук левой телескопической стойки; *20* — дефект монтажного блока; *21* — дефект датчика положения дроссельной заслонки; *22* — обрыв цепи обмотки статора стартера; *23* — обрыв цепи электробензонасоса; *24* — не работает указатель уровня топлива; *25* — не создает давление электробензонасос; *26* — дефект прокладки масляного картера; *27* — течь редуктора привода спидометра; *28* — не работает элекростеклоподъемник передней левой двери; *29* — не работает указатель температуры; *30* — не работает регулятор холостого хода; *31* — дефект маслоотражательных колпачков; *32* — не работает электростеклоподъемник задней левой двери; *33* — сгорание печатной схемы комбинации приборов; *34* — дефект уплотнительного кольца; *35* — занижено напряжение регулятора; *36* — заедает ведомый диск сцепления; *37* — пробой диодов выпрямительного блока генератора; *38* — дефект кислородного датчика; *39* — не работает реле стартера; *40* — дефект жгута проводов системы

Временной ряд показателей качества [1, 3] (рис. 5) используется для анализа изменения показателей и их прогнозирования. В анализе качества автомобилей используется временной ряд, построенный по месяцам выпуска автомобилей. Определение тенденций изменения показателя и краткосрочное прогнозирование ведется по линии тренда. Значимость тренда устанавливается на основе статистической значимости параметров линии тренда. Для исключения влияния инфляционных процессов затраты по автомобилям всех периодов выпуска пересчитываются в ценах (стоимость устранения дефектов) одного конкретного периода выпуска автомобилей. Выходная форма, содержащая временной ряд, сопровождается статистическими характеристиками: уравнением линейного тренда; значимостью тренда; средним значением показателя качества, его изменением и прогнозом среднего значения.

Оптимальной является ситуация, в которой происходит снижение среднего значения показателя при одновременном уменьшении вариации. Последовательное возрастание показателей, выбросы, цикличность свидетельствуют о наличии особых причин, дестабилизирующих качество выпускаемых автомобилей. Временной ряд позволяет судить о тенденциях в изменении значений показателей качества, оценивать эффективность принятых ранее решений по управлению качеством

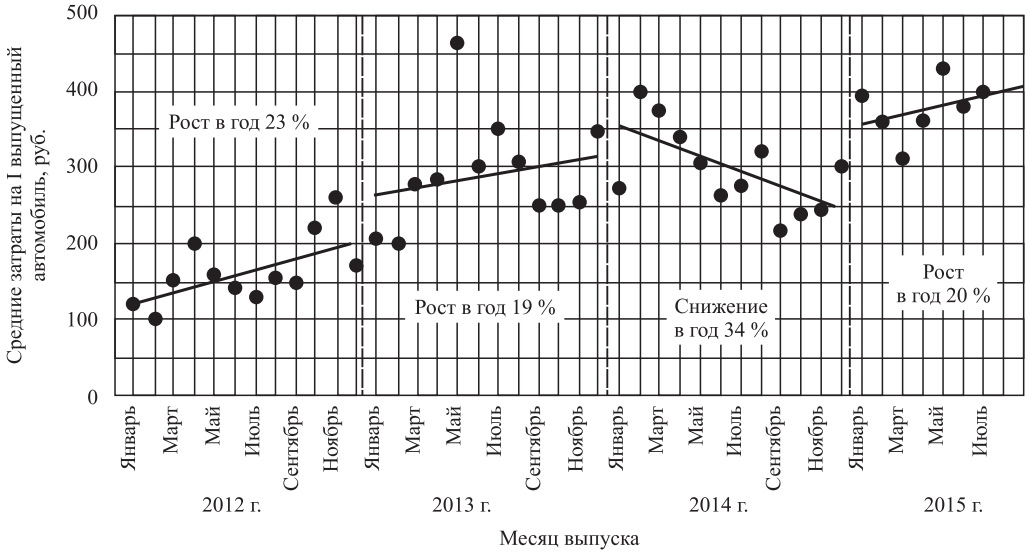

Рис. 5. Временной ряд "Средние затраты на один выпущенный автомобиль"

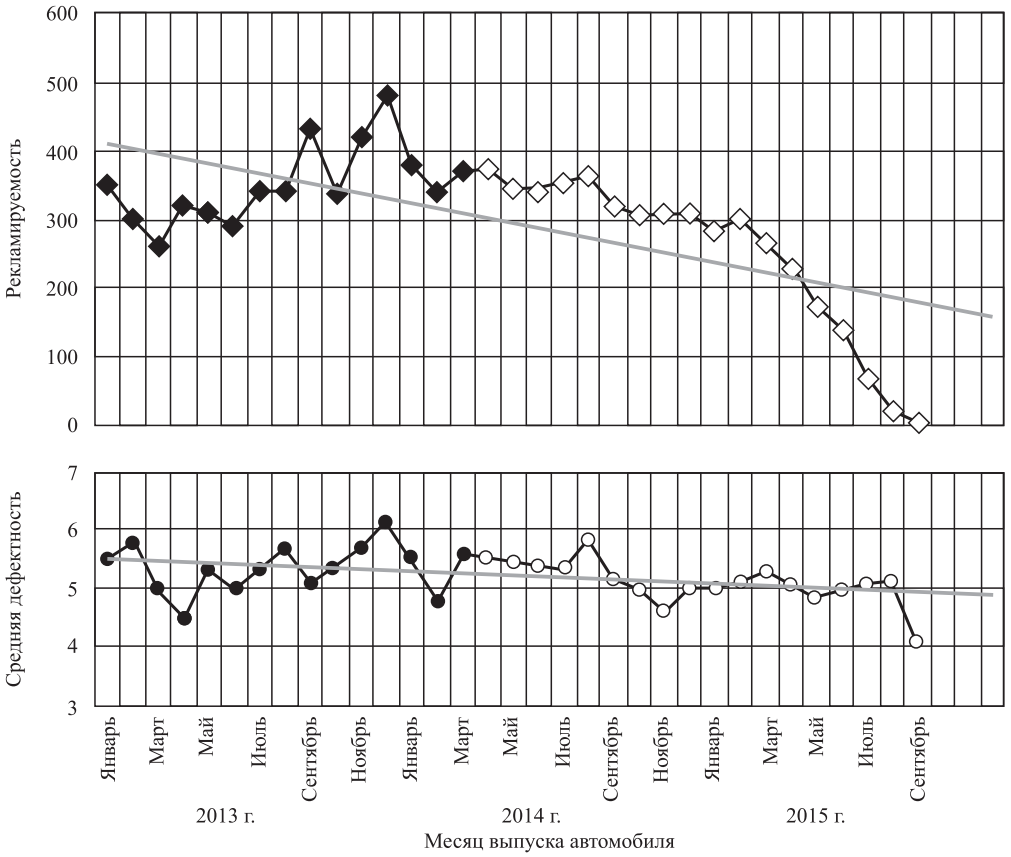

Рис. 6. Временные ряды "Рекламируемость" и "Средняя дефектность одного зарекламированного автомобиля"

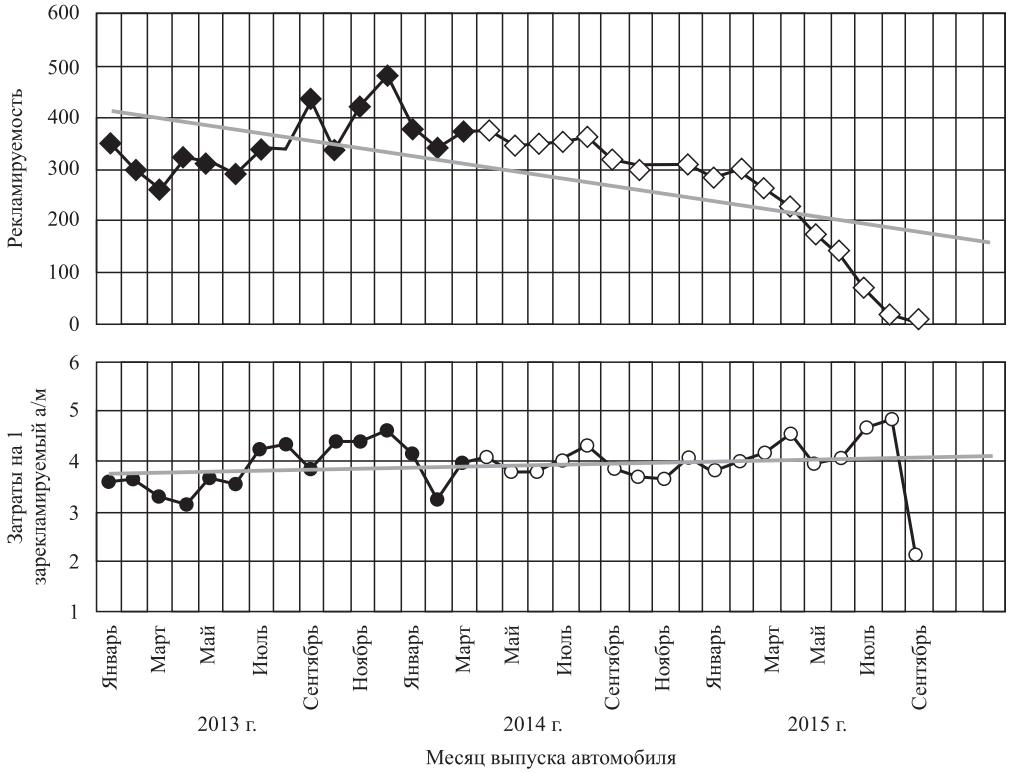

Рис. 7. Временные ряды "Рекламируемость" и "Средние затраты на один зарекламированный автомобиль"

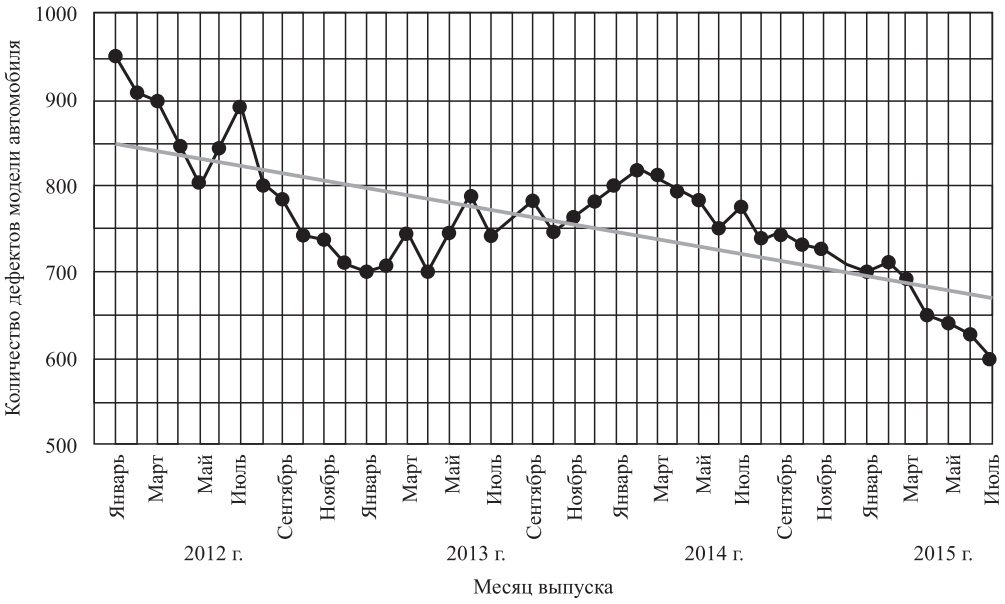

Рис. 8. Временной ряд "Динамика величины спектра дефектов автомобиля"

как в целом по предприятию, так и по его подразделениям.

Ниже приведены примеры временных рядов по некоторым показателям качества. Временной ряд (рис. 5) показывает, что качество автомобиля по показателю "Средние затраты на один выпущенный автомобиль" ухудшается. Некоторое улучшение качества в 2015 г. не изменило общей тенденции.

На рис. 6, 7 представлены диаграммы по показателям качества: рекламируемость; средняя дефектность одного зарекламированного автомобиля; средние затраты на один зарекламированный автомобиль. Здесь используются следующие правила подачи информации: фактические значения показателей качества автомобилей, завершивших период гарантийной эксплуатации, — закрашенные; приведенные к моменту окончания гарантии, по данным незавершенного периода гарантийной эксплуатации, — пустые; средние затраты на один выпущенный автомобиль пересчитаны в ценах автомобилей, прошедших 6 и менее месяцев эксплуатации; линейный тренд показывает тенденцию изменения показателей качества.

Изменение спектра дефектов связано как с качеством производимой продукции, так и с уровнем требований потребителя. Величина спектра дефектов в 2015 г. снизилась примерно на 30 % (рис. 8).

Пример диаграммы, отражающей рост потерь качества, представлен на рис. 9.

Диаграммы сравнения предназначены для определения факторов, повлиявших на изменение величины показателя качества (рис. 10, 11). В ана-

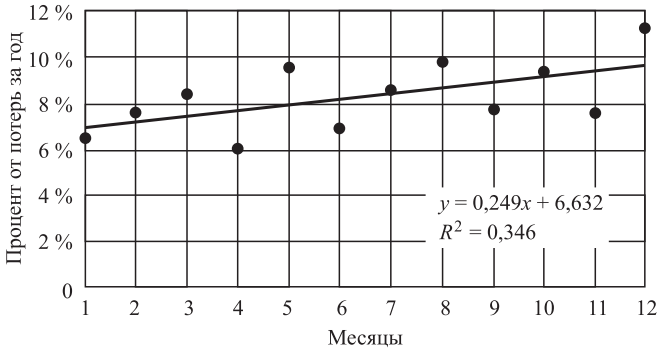

Рис. 9. Временной ряд "Динамика потерь качества в затратах"

лизе качества автомобилей используются данные, построенные по автомобилям определенного периода выпуска отчетного года в сравнении с автомобилями того же самого периода выпуска базового года. Диаграммы показывают, за счет каких моделей, модификаций, групп, подгрупп, узлов, деталей, дефектов произошло общее изменение уровня затрат и дефектности объекта анализа. Сравнительный анализ предназначен для определения причин, повлиявших на изменение величины показателя качества.

Наибольшее снижение затрат (рис. 11) произошло по таким дефектам, как: "разрушение заднего стекла от перенапряжения" (затраты снизились на 4 181,5 тыс. руб., или на 97,7 %); "негерметичность блока цилиндров" (на 3 567,5 тыс. руб., или на 72,0 %); "разрушение демпфера шкива коленвала" (на 2 852,3 тыс. руб., или на 96,2 %).

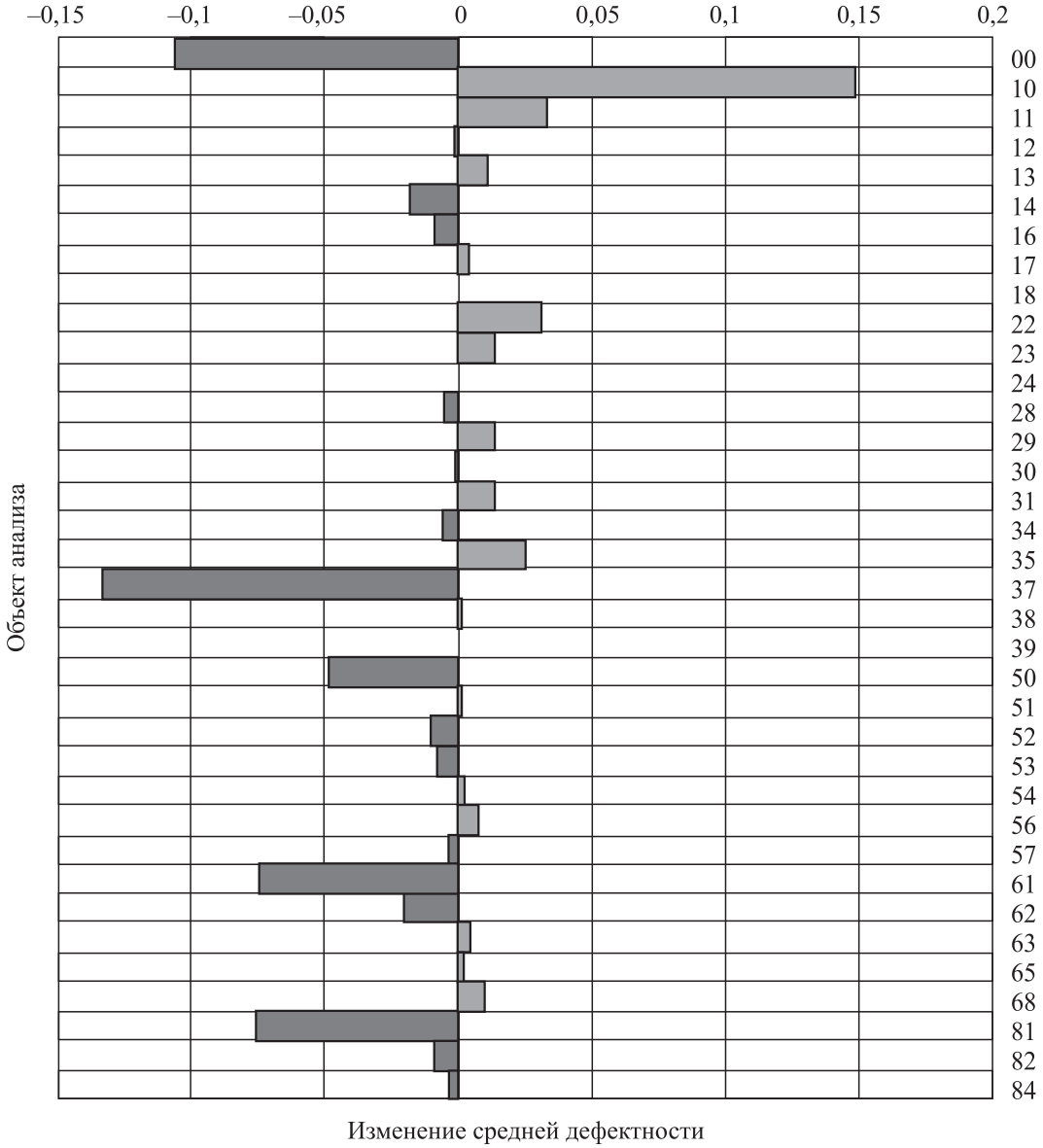

Рис. 10. Диаграмма сравнения "Изменение средней дефектности по группам":

00 — автомобиль; *10* — двигатель; *11* — система питания; *12* — система выпуска; *13* — система охлаждения двигателя; *14* — электронная система; *16* — сцепление; *17* — коробка передач; *18* — коробка раздаточная; *22* — передача карданная; *23* — мост передний; *24* — мост задний; *28* — рама; *29* — подвеска; *30* — ось передняя; *31* — колеса; *34* — управление рулевое; *35* — тормоза; *37* — электрооборудование; *38* — приборы; *39* — инструмент и принадлежности; *50* — кузов; *51* — основание; *52* — окно ветровое; *53* — передок; *54* — боковина; *56* — задок; *57* — крыша; *61* — дверь передняя; *62* — дверь задняя; *63* — дверь задка; *65* — механизмы управления; *68* — сиденья; *81* — вентиляция; *82* — принадлежности; *84* — оперение

Наибольший рост затрат произошел по таким дефектам, как: "не работает электростеклоподъемник" (затраты выросли на 1137,2 тыс. руб., или на 47,6 %); "не работает модуль зажигания" (на 1081,1 тыс. руб., или на 38,2 %); "вибрация при торможении" (на 1 062,6 тыс. руб., или на 80,1 %).

Таким образом, разработанный комплекс научно-практических инструментов, направленных на анализ и прогнозирование показателей качества сложной, высокотехнологичной продукции машиностроения, позволяет реализовать системную работу по мониторингу и прогнозированию показателей качества новых автомобилей в период гарантийной эксплуатации, обеспечивая при этом возможность уровневых переходов в процессе анализа данных с целью вскрытия ключевых проблем дефектности автомобилей, их причин, а также соответствующих центров ответственности компании-автопроизводителя.

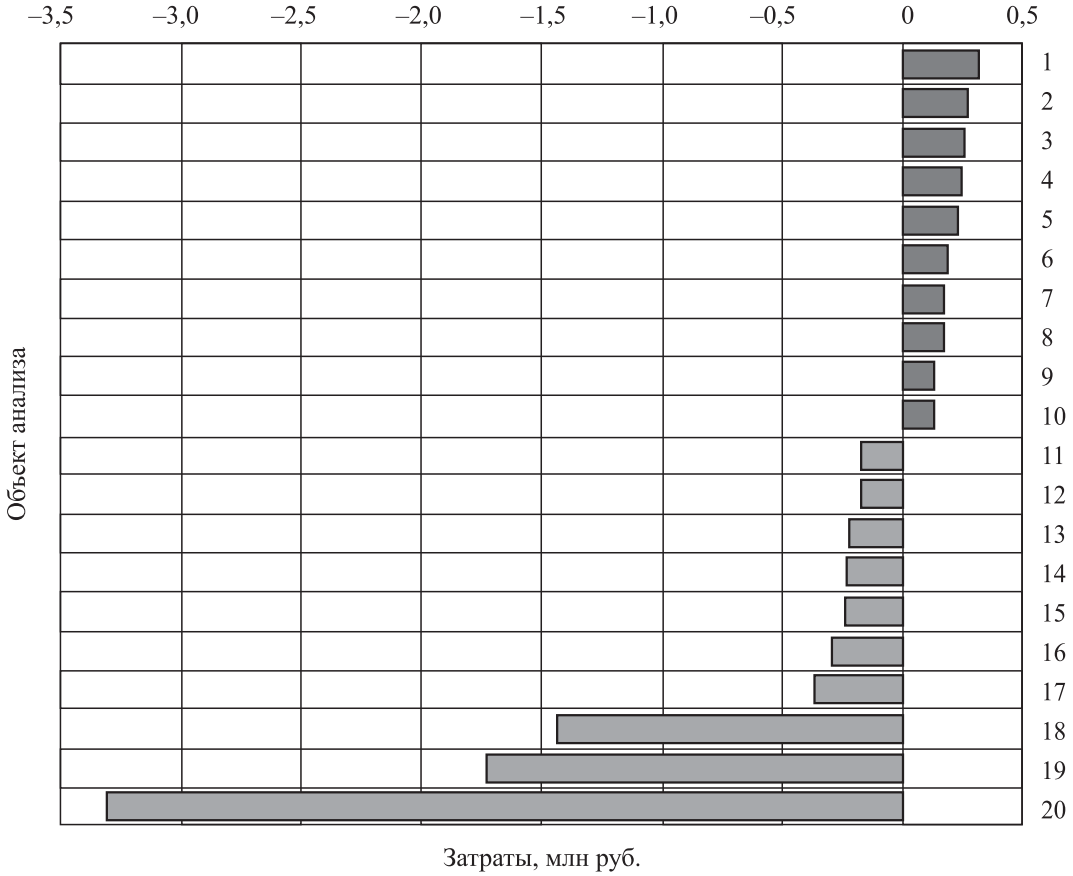

Рис. 11. Диаграмма сравнения "Дефекты, имеющие наибольшее снижение (–) или рост(+) затрат по объекту анализа":

1 — дефект счетчика пробега; *2* — излом клапана; *3* — не работает электростеклоподъемник левый передний; *4* — не работает электростеклоподъемник правый передний; *5* — коробление диска переднего тормоза; *6* — люфт, стук подшипника верхней опоры стойки; *7* — обрыв впускного клапана; *8* — не работает электростеклоподъемник левый задний; *9* — не работает электростеклоподъемник правый задний; *10* — прочие дефекты генератора; *11* — течь сальника первичного вала; *12* — заклинивание передачи КПП; *13* — не работает реле стартера; *14* — не работает моторедуктор блокировки замка; *15* — задир зеркала цилиндра; *16* — дефект патрубка дроссельного; *17* — самоотворачивание обрыв болтов ведомой шестерни; *18* — разрушение демпфера шкива коленвала; *19* — негерметичность блока цилиндров; *20* — разрушение заднего стекла

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Брандт З.** Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров [пер. с англ.] / З. Брандт — М.: Мир, 2003. — 686 с.
2. **Годлевский В. Е., Плотников А. Н., Юнак Г. Л.** Применение статистических методов в автомобилестроении / Под ред. Васильчука А. В. — Самара: ГП "Перспектива", 2003. — 196 с.
3. **Годлевский В. Е., Юнак Г. Л.** Менеджмент качества в автомобилестроении: монография / Под ред. Васильчука А. В. — Самара: ООО "Офорт"; ЗАО "Академический инжиниринговый центр", 2005. — 628 с.
4. **Кокотов А. В.** Совершенствование системы оценивания качества автомобиля на основных этапах его жизненного цикла. Дис.… канд. техн. наук: 05.02.23. — Тольятти, 2002. — 185 с.
5. **Панюков Д. И., Козловский В. Н.** Комплекс обеспечения качества системы электрооборудования автомобилей: монография. — Saarbrucken, Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2014. — 360 с.
6. **Строганов В. И.** Обеспечение качества электромобилей и гибридов в эксплуатации: монография. — Saarbrucken, Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2015. — 397 с.
7. **Строганов В. И., Клейменов С. И.** Модели аналитических исследований качества и надежности легковых автомобилей в эксплуатации // Автомобильная промышленность. — 2013. — № 9. — С. 2—6.
8. **Шиндовский Э., Шюрц О.** Статистические методы управления качеством. — Москва, 1976. — 600 с.
9. **Юнак Г. Л., Годлевский В. Е., Иванов Г. В.** Методические материалы. Планирование и применение FMEA конструкции, технологии и оборудования на ОАО "АВТОВАЗ". — Самара, 2005. — 176 с.

УДК 621.436

В. А. Марков, д-р техн. наук, профессор, МГТУ имени Н. Э. Баумана, e-mail: vladimir.markov58@yandex.ru, **С. Н. Девянин**, д-р техн. наук, профессор, e-mail: devta@rambler.ru, **С. А. Зыков**, канд. техн. наук, доцент, МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: zykov.sa@yandex.ru, **Са Бовэнь**, магистрант, e-mail: bowensa@yandex.ru, **И. Г. Маркова**, старший преподаватель, МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: markov58@bmstu.ru

ВЯЗКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИОТОПЛИВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Истощение запасов нефтяных месторождений и ухудшающаяся экологическая обстановка приводят к необходимости поиска новых альтернативных источников энергии. Показаны преимущества использования топлив растительного происхождения в качестве альтернативных моторных топлив. Одной из проблем использования топлив на основе растительных масел является их повышенная вязкость. Исследованы вязкостные характеристики смесей нефтяного дизельного топлива и различных растительных масел. Приведены показатели дизеля Д-245.12С, работающего на смесях рапсового и подсолнечного масел с нефтяным дизельным топливом.

Ключевые слова: *дизельный двигатель, нефтяное дизельное топливо, альтернативное топливо, растительное масло, рапсовое масло, подсолнечное масло, соевое масло, кукурузное масло, горчичное масло, смесевое биотопливо, вязкость.*

The depletion of oil fields and the deteriorating environmental situation leads to the need for the search of new alternative sources of energy. Advantages of using fuels of vegetable origin as alternative motor fuels are shown. One of the problems of using fuels based on vegetable oils is their increased viscosity. Viscosity characteristics of blends of oil diesel fuel and different vegetable oils are investigated. Parameters of the diesel engine D-245.12 S running on mixtures of rapeseed and sunflower oils with petroleum diesel are presented.

Keywords: *diesel engine, oil diesel fuel, alternative fuel, vegetable oil, rapeseed oil, sunflower oil, soybean oil, corn oil, mustard oil, biofuel mixture, viscosity.*

(рисунки на 2—4-й полосах обложки)

Альтернативные моторные топлива находят все большее применение на транспорте и в других областях мировой экономики [1]. Необходимость широкого использования альтернативных топлив обусловлена истощением мировых запасов нефти, нарастающим дефицитом нефтепродуктов и повышением цен на нефтяные моторные топлива. Другой причиной интенсивных поисков альтернативных энергоносителей для транспорта являются ужесточающиеся требования к токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей [2].

Среди альтернативных моторных топлив наиболее привлекательными представляются топлива, получаемые из возобновляемых сырьевых ресурсов, биотоплива растительного происхождения. Переход от энергетики, базирующейся на ископаемых ресурсах, к энергетике, потребляющей возобновляемое сырье, является одним из основных направлений развития современной экономики. Биомасса и ее отходы относятся к наиболее массовым и универсальным энергетическим ресурсам на Земле. Биомасса зеленых растений суши составляет 2350 млрд т, а ежегодный ее прирост — 130 млрд т, или $4{,}9 \cdot 10^{21}$ Дж энергии, что в десять раз превышает ежегодный расход энергии человечества. Планируется, что через ближайшие 10 лет доля возобновляемых источников энергии в энергобалансе ведущих промышленных стран составит от 10 до 30 % [1, 3]. Так, в соответствии с данными работы [4] к 2019 г. объем рынка "чистых" технологий составит 325,9 млрд долл. США (рис. 1). При этом рынок биотоплив оценивается в 112,5 млрд долл. (около 30 % всех возобновляемых источников энергии).

Российский агропромышленный комплекс, имея 11 % всей площади плодородных пахотных земель, ежегодно производит около 260 млн т сухого вещества и отходов сельскохозяйственного производства, в том числе 150 млн т в растениеводстве. Государственная программа России по развитию сельского хозяйства и регулированию рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013—2020 гг. предусматривает дальнейшее развитие биотехнологий — доведение к 2020 г. удельного веса отходов сельскохозяйственного производства, переработанного методами биотехнологий, до 12 % [4, 5].

Применительно к дизелям автотракторного типа в качестве перспективных энергоносителей рассматриваются топлива, производимые из растительных масел [6—8]. Это объясняется простотой и экологичностью процесса получения растительных масел, их сравнительно невысокой стоимостью и приемлемой воспламеняемостью в условиях камеры сгорания (КС) дизеля. В связи с этим возможна работа дизелей на указанных биотопливах без существенных конструкционных изменений двигателей и их систем.

Источником растительных масел служат масличные культуры, в разных частях которых, главным образом в семенах или плодах, содержатся растительные жиры. К масличным относится более 150 видов растений, из которых вырабатываются растительные масла. Масличные культуры занимают значительное место в сельскохозяйственном производстве, причем вырабатываются как пищевые растительные масла, так и используемые для различных технических целей. Для непищевого использования применяются низкосортные, загрязненные и просроченные растительные масла, а также фритюрные масла, уже использованные в пищевой промышленности и системе общественного питания.

В условиях Российской Федерации с точки зрения применения в качестве моторных топлив наиболее значимы такие виды масел, как рапсовое, подсолнечное, соевое, кукурузное, горчичное. При этом следует отметить следующую особенность рынка растительных масел в России. Если в мировом производстве масел наиболее значимыми являются пальмовое и соевое масла, то в отечественной масложировой промышленности ведущее место занимает производство подсолнечного (86,84 % всего производства масел), соевого (7,96 %), рапсового (4,84 %), горчичного (0,11 %), кукурузного (0,04 %) и льняного (0,03 %) растительных масел [9]. Динамика производства соевого, рапсового и подсолнечного растительных масел в мире и в России представлена на рис. 2 [5].

В качестве топлива для дизелей возможно применение чистых растительных масел, их смесей с нефтяным дизельным топливом (ДТ), сложных эфиров растительных масел и различных смесевых топлив с использованием этих эфиров [5, 8]. В сельской местности, где отсутствует инфраструктура для производства указанных эфиров, целесообразно применение в качестве моторного топлива чистых растительных масел и их смесей с нефтяным ДТ. Эти два компонента хорошо смешиваются в любых пропорциях, образуя стабильные смеси.

Возможность использования различных альтернативных топлив в дизельных двигателях во многом предопределяется близостью их физико-химических свойств к аналогичным свойствам нефтяного ДТ. Важнейшими характеристиками альтернативных топлив являются их плотность, вязкость, сжимаемость [8, 10, 11]. Указанные физические свойства растительных масел и их смесей с нефтяным ДТ оказывают заметное влияние на параметры процесса топливоподачи, впрыскивания и распыливания, последующих процессов смесеобразования и сгорания. Высокие плотность и вязкость этих топлив, подаваемых в камере сгорания (КС) штатной системой топливоподачи дизеля, являются причиной увеличения их цикловой подачи и часового расхода по сравнению с нефтяным ДТ.

Повышенная плотность растительных масел и топлив на их основе приводит к увеличению дальнобойности струи распыливаемого топлива. Увеличение длины струи распыливаемых биотоплив усугубляется их худшей самовоспламеняемостью (увеличением периода задержки воспламенения). В результате за период задержки воспламенения струи распыливаемого растительного масла достигают стенок КС, часть топлива, попадающая на стенки, не сгорает полностью, уменьшается доля объемного смесеобразования, могут наблюдаться потеря подвижности поршневых колец и загрязнение моторного масла.

Для устранения указанных недостатков желательно использовать биотоплива, имеющие свойства, близкие к свойствам штатных нефтяных дизельных топлив. Приближение указанных свойств биотоплив к свойствам традиционного ДТ достигается при использовании смесей растительных масел с нефтяными дизельными топливами, что обеспечивает необходимое качество рабочих процессов дизелей и их требуемые эксплуатационные показатели.

В связи с использованием в дизельных двигателях сельскохозяйственных машин смесевых биотоплив

с добавками растительных масел определенный интерес представляет исследование зависимости вязкости указанных смесей от их состава. Известны работы, посвященные экспериментальному определению вязкости этих топлив [12—17]. Вместе с тем, в связи с расширением видов используемых смесевых биотоплив и необходимостью получения простых и достоверных эмпирических формул, описывающих вязкость таких биотоплив, необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на получение их аппроксимационных вязкостных характеристик.

В уже проведенных исследованиях вязкостных характеристик смесевых жидкостей использованы различные теоретические подходы, основанные на описании взаимодействия компонентов смеси [18, 19, 20]. Но получение полностью теоретических формул, описывающих вязкостные характеристики смесевых биотоплив — смесей нефтяного ДТ и растительных масел, практически невозможно в связи со сложным составом двух указанных компонентов. Поэтому для описания вязкостных характеристик смесевых биотоплив используют полуэмпирические формулы [20].

В представленной работе для описания вязкостных характеристик смесей нефтяного ДТ и растительных масел использованы известный логарифмический и предложенный авторами алгебраический аппроксимационные подходы. К первому подходу относится метод Ниссана и Грюнберга [20], позволяющий определить кинематическую вязкость смеси в виде:

$$\ln \nu = \sum_i^n x_i \ln \nu_i + \sum_i^n \sum_{j>i}^n x_i x_j D_{ij} + \\ + \sum_i^n \sum_{j>i}^n \sum_{k>j}^n x_i j_j x_k D_{ijk} + \ldots + D_{ij\ldots n} \prod_i^n x_i, \quad (1)$$

где D_{ij}, D_{ijk}, ..., $D_{ij\ldots n}$ — коэффициенты, зависящие от температуры и концентрации компонентов в смеси. Значения коэффициентов D_{ij}, D_{ijk}, ..., $D_{ij\ldots n}$ рассчитываются по следующим формулам:

$$D_{ij} = \frac{A_{ij}}{t} + B_{ij}; \\ D_{ijk} = \frac{A_{ijk}}{t^2} + B_{ijk}; \\ \vdots \\ D_{ij\ldots n} = \frac{A_{ij\ldots n}}{t^n} + A_{ij\ldots n}. \quad (2)$$

Коэффициенты A_{ij}, A_{ijk}, ..., $A_{ij\ldots n}$ и B_{ij}, B_{ijk}, ..., $B_{ij\ldots n}$, входящие в выражения (2), определяются методом наименьших квадратов. Они могут быть заданы либо постоянными, либо зависящими от концентрации компонентов в смеси. В этом случае описание зависимости вязкости смеси от температуры может быть задано в виде нелинейной суммы:

$$\ln \nu = A_{\partial m1} + \frac{B_{\partial m1}}{t} + C_{\partial m1} t, \quad (3)$$

где коэффициенты A, B и C также могут быть заданы либо постоянными, либо зависящими от концентрации компонентов в смеси.

Второй эмпирический подход, разработанный авторами статьи, предполагает описание нелинейной зависимости кинематической вязкости смесевых топлив от их состава и температуры в виде алгебраического соотношения:

$$\nu = \sum_i^n \left[x_i \left(A_i + \frac{B_i}{t} + C_i \right) + \frac{x_i}{2 - x_i} \left(D_i + \frac{E_i}{t} \right) \right], \quad (4)$$

где A_i, B_i, C_i, D_i, E_i — постоянные коэффициенты, относящиеся к i-тому компоненту и определяемые методом наименьших квадратов. В этом подходе кинематическая вязкость чистого ДТ определяется следующей формулой:

$$\nu = A_{\partial m2} + \frac{B_{\partial m2}}{t} + C_{\partial m2} t. \quad (5)$$

Два указанных метода использованы для получения аппроксимационных зависимостей для вязкости различных смесевых биотоплив. При проведении расчетных исследований использованы экспериментальные данные работы [7] по кинематической вязкости смесей нефтяного ДТ с некоторыми растительными маслами при температуре $t = 20$ °C (табл. 1).

Для рассматриваемых двухкомпонентных смесей и при $t = 20$ °C формула (4) имеет вид:

$$\nu_1 = x_1 A_1^* + \frac{x_1}{2 - x_1} D_1^* + x_2 A_2^* + \frac{x_2}{2 - x_2} D_2^*, \quad (6)$$

где x_1, x_2 — концентрации нефтяного ДТ и растительного масла; A_1^*, D_1^*, A_2^* и D_2^* — коэффициенты, описываемые следующими соотношениями:

$$A_i^* = A_i + \frac{B_i}{t} + C_i; \\ D_i^* = D_i + \frac{E_i}{t},$$

и являющиеся постоянными.

Таблица 1

Кинематическая вязкость смесей нефтяного ДТ и растительных масел

Растительное масло \ Концентрация масел, %	Кинематическая вязкость (мм^2/с) смесей нефтяного ДТ с различными растительными маслами при различной концентрации масел в смеси										
	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
Рапсовое масло (РМ)	4,00	5,50	7,20	9,30	12,30	16,90	22,40	30,20	41,50	58,60	63,90
Подсолнечное масло (ПМ)	3,99	5,47	7,12	9,10	11,98	15,37	20,44	26,79	34,32	49,79	61,60
Соевое масло (СМ)	4,91	6,04	7,31	10,13	15,85	20,60	26,70	33,20	42,30	59,50	73,90
Кукрузное масло (КМ)	4,00	5,56	7,64	9,58	13,43	17,90	23,80	30,10	39,10	55,20	69,30
Горчичное масло (ГМ)	4,79	6,50	8,00	10,80	15,20	20,20	25,60	34,60	46,20	57,00	76,00
Масло Pongamia Pinnata	3,94	5,70	6,90	8,30	15,20	16,50	22,40	31,40	52,10	65,50	90,80

С использованием исходных данных табл. 1 и метода наименьших квадратов определены величины этих коэффициентов. Их значения приведены в табл. 2.

При логарифмическом подходе к описанию зависимости кинематической вязкости двухкомпонентных смесей нефтяного ДТ и растительных масел формула (1) принимает вид:

$$\ln(\nu_{II}) = x_1 \ln(\nu_1) + x_2 \ln(\nu_2) + x_1 x_2 D_{12} \qquad (7)$$

или

$$\nu_{II} = \nu_1^{x_1} \nu_2^{x_2} e^{x_1 x_2 D_{12}}, \qquad (8)$$

где x_1, x_2 — концентрации нефтяного ДТ и растительных масел; ν_1 и ν_2 — их кинематическая вязкость. При $t = 20$ °С коэффициент D_{12} имеет постоянную величину для каждого вида смеси. С помощью метода наименьших квадратов проведен расчет коэффициентов D_{12}. Полученные расчетные результаты приведены в табл. 3.

Для сравнения точности аппроксимации характеристик кинематической вязкости исследуемых смесей описанными выше методами построены расчетные зависимости вязкости этих смесей от их состава, приведенные на рис. 3. В табл. 4 представлены результаты оценки точности указанной аппроксимации — величины максимальной относительной погрешности, средней погрешности и среднеквадратичной ошибки полученных аппроксимационными методами характеристик кинематической вязкости относительно исходных данных. Данные рис. 3 и табл. 4 свидетельствуют о возможности применения обоих используемых подходов к аппроксимации

Таблица 2

Значения коэффициентов формулы (6) для смесей нефтяного ДТ с различными растительными маслами

Виды смесей	ДТ + РМ	ДТ + ПМ	ДТ + СМ	ДТ + КМ	ДТ + ГМ	ДТ + Pongamia Pinnata
Коэффициент A_1^*	11,170	–53,293	–57,171	–42,471	–54,945	–128,020
Коэффициент D_1^*	52,730	129,293	126,471	116,371	116,545	218,820
Коэффициент A_2^*	–38,657	10,583	16,332	2,928	17,213	42,066
Коэффициент D_2^*	42,657	–5,793	–12,332	1,982	–13,223	–38,126

Таблица 3

Значения коэффициента D_{12} формул (7) и (8) для смесей нефтяного ДТ с различными растительными маслами

Виды смесей	ДТ + РМ	ДТ + ПМ	ДТ + СМ	ДТ + КМ	ДТ + ГМ	ДТ + Pongamia Pinnata
Коэффициент D_{12}	0,293	0,119	0,245	0,042	0,002	–0,324

Таблица 4

Оценка точности аппроксимации вязкостных характеристик исследуемых смесевых биотоплив различными методами

Виды смесей	Предложенный авторами алгебраический подход			Логарифмический подход		
	Относит. мак. погр., %	Среднее откл., мм^2/с	Среднеквадр. ошибка, мм^2/с	Относит. мак. погр., %	Среднее откл., мм^2/с	Среднеквадр. ошибка, мм^2/с
ДТ + РМ	27,234	0,511	2,422	15,141	0,982	2,847
ДТ + ПМ	5,74	0,13	0,97	5,89	0,12	0,99
ДТ + СМ	10,802	0,007	1,114	16,304	0,315	1,265
ДТ + КМ	3,974	0,074	0,835	4,195	0,012	0,832
ДТ + ГМ	3,896125	0,05185	0,657517	6,07425	0,064671	0,711148
ДТ + Pongamia Pinnata	18,442	0,079	1,910	15,876	0,416	2,163

Примечание: РМ, ПМ, СМ, КМ, ГМ – рапсовое, подсолнечное, соевое, кукурузное, горчичное растительные масла, соответственно

Таблица 5

Физико-химические свойства нефтяного ДТ и его смесей с рапсовым маслом

Физико-химические свойства	Топлива				
	ДТ	РМ	80 % ДТ + 20 % РМ	60 % ДТ + 40 % РМ	40 % ДТ + 60 % РМ
Плотность при 20 °С, кг/м^3	830	916	848	865	882
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм^2/с	3,8	75,0	9,0	19,0	30,0
Коэффициент поверхностного натяжения σ при 20 °С, мН/м	27,1	33,2	—	—	—
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 500	37 300	41 500	40 400	39 400
Цетановое число	45	36	—	—	—
Температура самовоспламенения, °С	250	318	—	—	—
Температура помутнения, °С	–25	–9	—	—	—
Температура застывания, °С	–35	–20	—	—	—
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	12,5	14,0	13,6	13,2
Содержание, % по массе					
С	87,0	77,0	85,0	83,0	81,0
Н	12,6	12,0	12,5	12,4	12,2
О	0,4	11,0	2,5	4,6	6,8

Примечание: "—" — свойства не определялись; для смеси ДТ и РМ указано объемное процентное содержание компонентов

Таблица 6

Физико-химические свойства нефтяного ДТ и его смесей с подсолнечным маслом

Физико-химические свойства	Топлива				
	ДТ	ПМ	95 % ДТ + 5 % ПМ	90 % ДТ + 10 % ПМ	80 % ДТ + 20 % ПМ
Плотность при 20 °С, кг/м^3	830	923	834,7	839,3	848,6
Вязкость кинематическая, мм^2/с, при:					
20 °С	3,8	72,0	5,0	6,0	8,0
40 °С	2,4	31,0	—	—	—
100 °С	1,0	8,0	—	—	—
Коэффициент поверхностного натяжения при 20 °С, мН/м	27,1	33,0	—	—	—
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 500	37 000	42 100	41 900	41 400
Цетановое число	45	33	—	—	—
Температура самовоспламенения, °С	250	320	—	—	—
Температура помутнения, °С	–25	–7	—	—	—
Температура застывания, °С	–35	–18	—	—	—
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг	14,3	12,4	14,2	14,1	13,9
Содержание, % по массе:					
С	87,0	77,6	86,5	86,1	85,1
Н	12,6	11,5	12,5	12,5	12,4
О	0,4	10,9	1,0	1,4	2,5

Примечание: "—" — свойства не определялись; для смеси ДТ и ПМ указано объемное процентное содержание компонентов.

вязкостных характеристик исследуемых смесевых биотоплив, а также о некоторых преимуществах предложенного авторами алгебраического подхода.

Проведенные выше данные по вязкости исследуемых смесевых биотоплив — смесей нефтяного дизельного топлива и различных растительных масел — свидетельствуют о большом диапазоне изменения кинематической вязкости этих смесей: примерно от 4 мм^2/с для нефтяного ДТ до 90 мм^2/с для чистых растительных масел. При переходе от чистого ДТ к рассматриваемым смесям изменяются и другие физико-химические свойства — плотность, поверхностное натяжение, сжимаемость, теплотворная способность, цетановое число и др. (табл. 5 и 6) [5, 8]. Эта разница в свойствах рассматриваемых биотоплив не может не отразиться на показателях дизелей, работающих на этих топливах. Это подтверждается результатами экспериментальных исследований дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5) на смесях нефтяного дизельного топлива марки "Л" по ГОСТ 305—82 с рапсовым (рис. 4) и подсолнечным (рис. 5) маслами, приведенными в работах [5, 8]. Этот дизель производства Минского моторного завода (ММЗ) устанавливается на малотоннажные грузовые автомобили ЗиЛ-5301 "Бычок", а его модификации — на автобусы Павловского автомобильного завода (ПАЗ) и тракторы "Беларусь" Минского тракторного завода (МТЗ). По представленным на рис. 4 и 5 характеристикам необходимо отметить, что применение в этом дизеле смесей нефтяного ДТ и растительных масел значительно уменьшает дымность ОГ на режимах внешней скоростной характеристики (ВСХ), а также позволяет сократить выбросы оксидов азота и легких несгоревших углеводородов с ОГ.

Проведенные расчетные исследования подтвердили эффективность и высокую точность предло-

женной методики аппроксимации вязкостных характеристик смесей нефтяного ДТ с растительными маслами. Эта методика может быть использована для аппроксимации вязкостных характеристик и других смесевых топлив, включая многокомпонентные биотоплива. Подтверждено влияния вязкостных характеристик рассматриваемых смесевых биотоплив на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов исследованного дизеля типа Д-245.12С.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Альтернативные топлива** для двигателей внутреннего сгорания / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. — М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. — 791 с.
2. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 376 с.
3. **Попель О. С., Фортов В. Е.** Возобновляемая энергетика в современном мире. — М.: Издательский дом МЭИ, 2015. — 450 с.
4. **Инновационное развитие** альтернативной энергетики: Часть 1 / В. Ф. Федоренко, Н. Т. Сорокин, Д. С. Буклагин и др. — М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2010. — 348 с.
5. **Марков В. А., Девянин С. Н., Зыков С. А., Гайдар С. М.** Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания. — М.: НИЦ "Инженер" (Союз НИО), 2016. — 292 с.
6. **Тепловые двигатели** установок электро- и теплоснабжения, использующие биотоплива: Учебное пособие для вузов / В. Ф. Каменев, М. Г. Шатров, А. С. Теренченко и др. — М.: Изд-во МАДИ, 2014. — 92 с.
7. **Васильев И. П.** Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. — Луганск: Изд-во Восточноукраинского университета им. В. Даля, 2009. — 240 с.
8. **Использование растительных масел и топлив** на их основе в дизельных двигателях / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. Г. Семенов и др. — М.: ООО НИЦ "Инженер", 2011. — 536 с.
9. **Година Е. Д.** Определение степени теплоты сгорания дизельного смесевого биотоплива из соевого масла // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. — 2013. — Т. 10. — № 5 — С. 25—29.
10. **Марков В. А., Девянин С. Н., Мальчук В. И.** Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — 360 с.
11. **Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А.** Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для вузов. Второе издание. — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. — 344 с.
12. **Kapseu C., Kayem G. J., Balesdent D., Schuffenecker L.** The Viscosity of Cottonseed Oil, Fractionation Solvents and Their Solutions // Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS). — 1991. — Vol. 68. — N 2. — P. 128—130.
13. **Lang W., Sokhansanj S., Sosulski F. W.** Modeling the Temperature Dependence of Kinematic Viscosity for Refined Canola Oil // JAOCS. — 1992. — Vol. 69. — N 10. — P. 1054—1055.
14. **Erhan S. Z., Asadauskas S., Adhvaryu A.** Correlation of Viscosities of Vegetable Oil Blends with Selected Esters and Hydrocarbons // JAOCS. — 2002. — Vol. 79. — N 11. — P. 1157—1161.
15. **Yuan W., Hansen A. C., Zhang Q., Tan Z.** Temperature-Dependent Kinematic Viscosity of Selected Biodiesel Fuel and Blend with Diesel Fuel // JAOCS. — 2005. Vol. 82. — N 3. — P. 195—199.
17. **Fasina O. O., Hallman H., Craig-Schmidt M., Clements C.** Predicting Temperature-Dependance Viscosity of Vegetable Oils from Fatty Acid Composition // JAOCS. — 2006. — Vol. 83. — N 10. — P. 899—903.
18. **Eyring H.** Viscosity, plasticity, and diffusion as examples of absolute reaction rates // The Journal of chemical physics. — 1936. — Vol. 4. — N 4. — P. 283—291.
19. **McAllister R. A.** The viscosity of liquid mixtures // AIChE Journal. — 1960. — Vol. 6. — N 3. — P. 427—431.
20. **Dominguez M., Pardo J. I., Gascon I. G., Royo F. M., Urieta J. S.** Viscosities of the ternary mixture (2-butanol + n-hexane + 1-butylamine) at 298.15 and 313.15 K // Fluid Phase Equilibria. — 2000. — Vol. 169. — N 2. — P. 277—292.

ПАЗ-3204 С АКП ALLISON НА МАРШРУТАХ МОСКВЫ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Первые результаты эксплуатации автобусов ПАЗ-3204 с автоматическими коробками передач Allison. О своем опыте и оценке стоимости владения новыми автобусами рассказывают руководители автотранспортных предприятий.

В пресс-релизе, распространенном Media Service Agency, сказано: "Многие автобусные хозяйства сегодня активно проводят обновление парка техники. Недавно на улицах городов появились автобусы ПАЗ-3204 с автоматическими коробками передач Allison серии 2100. Опытная эксплуатация ПАЗ-3204 показала, что автобусы с АКП Allison проводят меньше времени в ремзоне, их содержание обходится предприятию дешевле.

ЗАО "Транспортная фирма "Очаково" входит в десятку крупнейших транспортных компаний Москвы. Основанная в 1995 году на базе "Таксомоторного парка № 21", сегодня ЗАО "Транспортная фирма "Очаково" осуществляет перевозки пассажиров на 16 регулярных городских маршрутах, используя микроавтобусы Mercedes-Benz Sprinter и Citroen Jumper. Сначала компания приобрела два малых городских автобуса ПАЗ-3204 с механической трансмиссией, а в прошлом году в опытную эксплуатацию поступили восемь автобусов ПАЗ-3204 с АКП Allison 2100.

Как говорит главный инженер "Транспортной фирмы Очаково" Александр Кудинев: "За 12 месяцев эксплуатации автобусов ПАЗ-3204 с АКП выявилось безоговорочное преимущество машин с "автоматом" Allison. При среднесуточном пробеге в 240 км и средней скорости около 20 км/ч автобусы работают в самом жестком режиме, который трудно сымитировать даже при испытаниях. Рабочий день маршрутного такси начинается в 5 утра и заканчивается в 11 вечера, машина проводит часы в постоянных циклах "разгон-торможение" с полной загрузкой, в жару, в холод, в условиях городского трафика на оживленном маршруте в "спальном районе".

Специалисты Allison помогли механикам автобусного парка перекалибровать настройки трансмиссии для большей эффективности применительно к условиям работы.

Как поясняет главный инженер "Очаково" Александр Кудинев: "Если говорить о техническом обслуживании, замене деталей сцепления и простоях, то "автомат" предпочтительнее на 100 %. Очень важно, что его использование позволяет существенно снизить число выходов машины из строя по причине человеческого фактора — водителю тяжело испортить коробку, он не может "перекрутить" мотор. Каждый час простоя — это немалые деньги. На замену гидравлического привода и сцепления на автобусе с МКПП при наличии запчастей требуется 2—3 часа. В случае с АКП мы выигрываем по всем потенциальным проблемам — у нас нет ПГУ и механического сцепления, нет лишней работы. Для автобусов с "автоматом" оказалась менее актуальной проблема с требующими частой замены тормозами".

Еще одним неоспоримым преимуществом АКП Allison является возможность использования моторного тормоза. Александр Кудинев говорит: "АКП позволяет использовать дополнительно установленный моторный тормоз, который перекрывает выпускной коллектор, делая торможение двигателем более эффективным. Коробка последовательно переключает передачи с VI до I. Такая возможность особенно актуальна зимой в условиях гололеда. С механикой использование моторного тормоза невозможно".

Комфорт и безопасность перевозок на автобусах с автоматом выше, водитель не отвлекается на сцепление и переключение передач и может полностью сосредоточиться на управлении. Соответственно, меньше рывков и торможение плавное. На автобусах с механикой водителю за смену приходится несколько тысяч раз выжимать сцепление и переключать передачи. В таких условиях в течение рабочего дня его концентрация снижается, а в конце рабочего дня водитель совершенно измотан.

"На автобусах с Allison водители работают с удовольствием, — говорит генеральный директор ЗАО "Транспортная фирма "Очаково" Алексей Пронькин. — Если водитель работает на механике, то, как только покупается автобус с автоматом, он всеми правдами и неправдами старается пересесть на него. И пассажирам нравятся "ПАЗики": салон более просторный, удобнее стоять, обзор лучше".

Еще одним "полигоном" для ПАЗ-3204 с АКП Allison стали маршруты "Петербургской Транспортной Компании". ООО "Петербургская Транспортная Компания" (ООО "ПТК") — одна из самых крупных пассажирских компаний на северо-западе России, основанная в 2005 году. Компания обслуживает 35 городских маршрутов, пять междугородных и один международный.

Компания "ПТК" приобрела автобусы ПАЗ-3204 с АКП Allison для тестовой эксплуатации на тяжелых городских маршрутах, по результатам которой планировалось оценить их технико-экономические характе-

ристики и определиться с дальнейшей перспективой их массовых закупок. Как показала практика, сочетание конструктива автобуса ПАЗ, проверенного десятилетиями, с современной автоматической трансмиссией Allison отлично подойдет городским перевозчикам. Автобусы ПАЗ-3204 с АКП эксплуатируются на коммерческом маршруте № 20 протяженностью в 16 километров с плотным, часто затрудненным движением. В среднем, каждый автобус за смену выполняет 16 рейсов, останавливаясь для посадки-высадки пассажиров не менее 42 раз.

Главный инженер ООО "ПТК" Максим Радзиевский: "У нас накоплен большой опыт эксплуатации автобусов ПАЗ-3204 с МКПП — этих машин у нас в парке 300 штук. За два с половиной года работы их общий пробег составил 55 634 000 км. В среднем на один автобус приходится 185 447 км. Машины с МКПП требуют замены трансмиссионного масла каждые 200 000 км и ремонтных работ. Наиболее частые причины простоев техники с механической коробкой — это отказы в работе привода КП, главного цилиндра сцепления, привода гидроусилителя. Время на замену сцепления — 2,5 часа".

Опытная эксплуатация автобусов ПАЗ-3204 с АКП Allison 2100 показала, что при полном отсутствии потерь на простой из-за ремонта трансмиссии затраты на обслуживание автобуса с АКП за весь период и 120 000 км пробега заключались в замене двух масляных фильтров на один автобус и трансмиссионного масла. Таким образом, затраты на обслуживание трансмиссии с механической коробкой в 4,6 раза выше, чем с автоматической (на 1 км пробега с механической коробкой — 0,28 руб., а с автоматической — 0,06 руб.).

Подводя итоги, Максим Радзиевский говорит: "Мы довольны результатом, и следующие автобусы ПАЗ в нашем парке будут только с АКП Allison!"

Результаты опытной эксплуатации автобусов ПАЗ-3204 с автоматической коробкой передач Allison 2100 в таких разных по масштабам предприятиях показывают практически одинаковый результат — повышение уровня комфорта для водителя и пассажиров, увеличение безопасности, снижение простоев и расходов на ремонт и обслуживание. В сочетании с готовностью специалистов представительства Allison Transmission прийти на помощь, эти факторы делают автобус ПАЗ-3204/12 с АКП Allison отличным выбором для современного транспортного предприятия".

"Автотранспортник.ру"

ПРИНЯТА ПРОГРАММА "КАЧЕСТВО-2017"

Приказом генерального директора ПАО "КАМАЗ" Сергея Когогина утверждена программа "Качество-2017" и Цели в области качества на текущий год.

Традиционно первым в новом году на "КАМАЗе" стал приказ об организации обеспечения качества. "В документе под номером "один", что говорит о приоритете этого направления, задан вектор нашей деятельности в области повышения качества выпускаемой продукции в 2017 году", — отметил Сергей Когогин.

Подчеркивая важность этой работы в современных рыночных условиях и влияние качества на спрос, генеральный директор "КАМАЗа" привел в пример успех продаж магистрального тягача КАМАЗ-5490 — флагмана нового модельного ряда автогиганта. С учетом оптимального соотношения "цена-качество", которое оценили покупатели, эта модель успешно конкурирует с автомобилями ведущих европейских производителей. В результате по итогам прошлого года значительно увеличились продажи и доля "КАМАЗа" в сегменте магистральных тягачей.

Среди основных задач коллектива компании в 2017 г. — снижение коэффициента дефектности (APA) на автомобиль на 10 %, количества дефектов на автомобиль (DPV) — на 20 %. Требования к автомобилям перспективного семейства обозначены жестче: планируется достичь снижения APA и DPV на 50 % и 25 %, соответственно. В целом, по итогам года "КАМАЗ" намерен снизить потери от брака на 30 %.

Кроме того, в соответствии с форматом SQDCM, этим же приказом утверждены цели компании в области охраны труда, промышленной безопасности, экологии и бережливого производства на 2017 г.

Что касается итогов работы в 2016 г., на "КАМАЗе" были достигнуты значительные результаты по совершенствованию качества. По сравнению с 2015 г., количество дефектов на один проверенный автомобиль (DPV) снизилось на 24 %, а коэффициент дефектности (APA) — на 28 %. На всех заводах компании продолжают работать KVP-группы, занятые выявлением и решением проблем по качеству. Экономический эффект от работы KVP-групп превысил 107 млн руб.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *З. В. Наумова*
Сдано в набор 09.01.2017. Подписано в печать 07.02.2017. 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**