Грузовик

5
2018

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

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

Редакционный совет

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

Корпункт:
Я.Е.Карповский (г.Минск)

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

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

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

Подписной индекс:
по объединенному каталогу
"Пресса России" 39799

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», "Грузовик", 2018

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:

Исследования. Расчет

3 *Гребенников С. А., Гребенников А. С.* Повышение точности диагностирования цилиндропоршневой группы ДВС динамическим методом

10 *Батыщев Д. Ю., Ефремова И. В., Симко Ю. В., Марков В. Р., Зима Я. А.* Анализ качественных показателей акустических парковочных систем

12 *Денисов И. В., Смирнов А. А.* Исследование надежности индивидуальной катушки зажигания автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации

Практика

15 *Карпов А. В., Ильина Л. А.* Разработка комплексной программы по уходу за автомобилем на участке уборочно-моечных работ

24 *Асоян А. Р., Орлов Н. В., Лебедев И. А., Асоян И. А.* Применение экологически чистого топлива в двигателях внутреннего сгорания

26 *Горюхов В. А.* Метод определения местоположения базы хранения строительных материалов в логистической системе обеспечения технического прикрытия объектов железных дорог

Энергетическое машиностроение

29 *Марков В. А., Девянин С. Н., Быковская Л. И., Маркова И. Г., Афтени И. Н.* Биогаз — перспективное топливо для дизелей

Городской пассажирский наземный транспорт

40 *Реал С.* Использование упорядоченного пробит-моделирования для оценки восприятия работы автобусов в Пномпене

Безопасность

43 *Столяров В. В., Щеголева Н. В., Кочетков А. В.* Анализ подхода, принятого разработчиками свода правил "Требования к элементам улично-дорожной сети населенных пунктов"

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

5
2018

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

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

Editorial council

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

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

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

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

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

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

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 2018

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:

Research. Calculation

3 *Grebennikov S. A., Grebennikov A. S.* Increasing the accuracy of the cylinder group's diagnosis LCUs a dynamic method

10 *Batyschev E. Yu., Efremova I. V., Simco Yu. V., Markov V. R., Zima Ya. A.* Analysis of qualitative indicators of acoustic parking systems

12 *Denisov I. V., Smirnov A. A.* Investigation of the reliability of the individual ignition coil Lada Kalina during the warranty period of operation

Practice

15 *Karpov A. V., Ilyina L. A.* Development of an Integrated Vehicle Care Program at the Site of Cleaning and Washing Works

24 *Asoyan A. R., Orlov N. V., Lebedev I. A., Asoyan I. A.* The use of vironmentally friendly fuel in internal combustion engines

26 *Goryukhov V. A.* The method of determining the place of base storage of construction materials in the logistics system of technical cover of Railways objects

Energy engineering

29 *Markov V. A., Devyanin S. I., Bykovskaja L. I., Markova I. G., Afteni I. N.* Biogas is a Promising Fuel for Diesel Engines

Public passenger land transport

40 *Real S.* Use an ordered probit model-modeling to evaluate the perception of the work of the buses in Phnom Penh

Security

43 *Stolyarov V. V., Shchegoleva N. V., Kochetkov A. V.* Analysis of the approach adopted by developers of rules and regulations "Requirements to the elements of the road network of settlements"

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 631.3.004.5; 621.43.018.2

С.А. Гребенников, канд. техн. наук, доцент, **А. С. Гребенников,** д-р техн. наук, профессор,
СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Саратов
E-mail:asg@sstu.ru

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВС ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Предложен способ диагностирования цилиндропоршневой группы ДВС по показателям внутрицикловых изменений угловой скорости коленчатого вала при работе двигателя в режиме холостого хода на одном цилиндре.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, суммарный момент, составляющие механических потерь, неравномерность угловой скорости, цилиндропоршневая группа, диагностирование.*

The method of diagnosing of cylinders of the internal combustion engine on indicators of intra-cyclic changes of angular speed of the crankshaft at engine operation in no-load conditions on one cylinder is offered.

Keywords: *internal combustion engine, total moment, component of mechanical losses, uneven of angular speed, cylinder, diagnosis.*

Двигатель — наиболее сложный агрегат, от состояния которого зависят многие технические и экономические показатели работы автомобиля. В процессе его эксплуатации возможны неисправности, вызывающие снижение мощности ДВС, увеличение расхода топлива, моторного масла и экологического вреда окружающей среде. При этом до 30 % трудовых и материальных затрат на поддержание работоспособности ДВС расходуется на устранение дефектов, связанных с цилиндропоршневой группой (ЦПГ). Поэтому в условиях эксплуатации необходим контроль технического состояния ЦПГ ДВС. При отсутствии дефектов в сопряжении "клапан-седло" газораспределительного механизма критерием оценки уровня ее работоспособности считают показатели герметичности надпоршневого пространства — компрессии, которая определяется максимальным значением давления P_c рабочего тела, создаваемого поршнем в цилиндре в конце такта сжатия.

Нормативное значение компрессии указывается фирмой-изготовителем ДВС, которое ориентировочно определяется эмпирической формулой Нестерова по показателю степени сжатия E:

$$P_c = 0{,}155E - 0{,}235, \text{ МПа}.$$

Ее допустимое численное снижение в процессе эксплуатации для бензиновых двигателей находится в пределах 0,15...0,20 МПа, дизельных — до 0,40 МПа и также оговаривается нормативно-технической документацией.

При постановке диагноза о техническом состоянии ЦПГ по параметрам компрессии учитываются индивидуальные ее значения P_c по каждому цилиндру и их неравномерность $\Delta P_c = P_{c\,max} - P_{c\,min}$, которая для ДВС, работающих на бензине, не должна превышать 0,07 МПа, в дизельных — 0,15 МПа [2]. Именно идентичность нарастания и абсолютные значения давлений рабочего тела в такте сжатия всех цилиндров предопределяют равномерность хода ДВС и степень приближения фактического рабочего процесса в цилиндрах к потенциально возможному (теоретическому), что положительно сказывается на интенсивности изнашивания одноименных сопряжений, топливной экономичности, уровне шума и токсичности отработавших газов.

Наиболее просто герметичность надпоршневого пространства цилиндров определяют на предварительно прогретом двигателе компрессометрами мод. 179, К-181 (Россия), КВ-1126, КВ-1124 (Чехия) и др., наконечник которых вставляют или вкручивают в отверстия для свечей зажигания или форсунок. В бензиновых двигателях компрессия измеряется при тепловом режиме 85...95 °С в отсутствие свечей зажигания в цилиндрах после-

довательном прокручивании коленчатого вала стартером с частотой n = 180...220 мин$^{-1}$. В дизельном двигателе значение P_c в испытуемом цилиндре, как правило, измеряется при работе двигателя на минимальных оборотах холостого хода 500...600 мин$^{-1}$.

Достоверность оценки технического состояния цилиндров ДВС по этому способу может быть низкой, вызванной тем, что утечки рабочего тела, имеющие место в такте сжатия, зависят не только от состояния (износа) деталей уплотнения ЦПГ, но и от продолжительности такта сжатия. Особенно заметно влияние частоты вращения коленчатого вала на показатели компрессии бензиновых ДВС, поскольку степень сжатия в них меньше, чем в дизельных. Чем ниже частота прокрутки ДВС стартером, тем менее точны показатели компрессии относительно истинных ее значений. Погрешности способа дополнительно увеличиваются из-за невозможности обеспечить идентичные режимные условия прокрутки в нескольких последовательных испытаниях вследствие значительных изменений технического состояния электрических цепей системы "аккумуляторная батарея — стартер" [2, 4, 6, 8]. Неизбежные отклонения значений частоты вращения, достигающих ±10 мин$^{-1}$ и более от рекомендуемой, приводят к тому, что коэффициент информативности диагностического показателя — компрессии, определенной по приведенному, способу не превышает 0,31.

Более оперативно оценить компрессионные свойства каждого цилиндра двигателя можно по параметрам пульсаций тока стартера при прокручивании коленчатого вала стартером без снятия свечей зажигания (форсунок). Однако и для этих способов характерны высокие погрешности по тем же причинам [2, 9].

Наиболее достоверен и оперативен способ определения компрессии в цилиндрах ДВС по показателям внутрицикловой неравномерности изменения угловой скорости коленчатого вала в пределах углов поворота, соответствующих тактам сжатия конкретных цилиндров, при прокручивании коленчатого вала двигателя стартером в отсутствие процесса сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах [2, 5, 9] или свободном выбеге [8]. Способ не требует каких-либо разборочных операций со свечами зажигания или форсунками ДВС, а на показания угловых скоростей коленчатого вала по углу поворота не влияет степень нагрева электрических цепей системы "аккумуляторная батарея — стартер".

Сущность способа поясняется следующими предпосылками.

Принудительное вращение коленчатого вала двигателя стартером при отсутствии сгорания рабочей смеси в цилиндрах с постоянным крутящим моментом M вследствие отклонений мгновенного значения момента сопротивления $M_{c\varphi}$ от среднего его значения M_c на тактах сжатия в цилиндрах вызывает изменение угловой скорости ω вала по углу его поворота φ в соответствии с принципом Д'Аламбера [4, 7, 10]:

$$M_{c\varphi} = J\omega\frac{d\omega}{d\varphi} + \frac{dJ}{d\varphi}\frac{\omega^2}{2}, \qquad (1)$$

где J — момент инерции вращающихся и поступательно движущихся масс двигателя со стартером, приведенный к оси коленчатого вала.

Если начальное значение угловой скорости "привязать" к конкретному положению коленчатого вала, соответствующего ВМТ поршня первого цилиндра в такте сжатия, то по характерным точкам ее изменения в кратных числу (z) цилиндров угловых периодах кинематического цикла вращения коленчатого вала ($4\pi/z$) можно оценивать и сравнивать компрессионные свойства цилиндров. Доказательством этому служат баланс моментов, формирующих момент сопротивления на коленчатом валу двигателя, а также расчеты их удельного влияния на показатели внутрицикловых изменений угловой скорости коленчатого вала.

Мгновенное значение момента сопротивления по углу поворота коленчатого вала двигателя в отсутствие сгорания рабочей смеси в его цилиндрах определяется следующими составляющими:

$$M_{c\varphi} = M_м + M_н \pm M_п \pm M_{пр} + M_{цпг} \pm M_к, \qquad (2)$$

где $M_м$ — момент механических потерь от действия сил трения в подшипниках коленчатого, распределительного валов и вспомогательных механизмах (водяной, масляный и топливный насосы, генератор, вентилятор и другие); $M_н$ — момент, затрачиваемый на процесс газообмена в цилиндрах (насосные потери); $M_п$ — момент переменной составляющей сил инерции от возвратно-поступательно движущихся масс двигателя; $M_{пр}$ — переменный момент, затрачиваемый на преодоление сил упругости клапанных пружин; $M_{цпг}$ — момент от сил трения в сопряжениях ЦПГ; $M_к$ — переменный момент сопротивления от действия компрессионных сил сжатия-расширения рабочего тела P_c.

Потери на трение в подшипниках коленчатого вала и на привод вспомогательных механизмов $M_м$ составляют около 25 % всех механических потерь двигателя [7]. Величина этих потерь является постоянной на заданном режиме прокручивания и не вызывает изменений угловой скорости по углу поворота коленчатого вала.

Момент потерь на газообмен $M_н$ при малой частоте прокручивания и открытых дроссельной и воздушной заслонках не превышает 10 % суммарных потерь $M_с$ [7]. В пределах периода изменения $M_{сφ}$ влияние $M_н$ одинаково, независимо от того, в каких цилиндрах в данный момент времени осуществляются такты впуска и выпуска. Это приводит к тому, что давление рабочего тела, действующее на поршни разных цилиндров на данных тактах, незначительно отличается от атмосферного (на 0,001...0,005 МПа [7]) в зависимости от реально возможных различий в степени герметичности их ЦПГ. По этим причинам влиянием $M_н$ на внутрицикловую последовательность изменения $M_с$ можно пренебречь.

Переменная составляющая момента $M_п$ сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс, зависящая от положения коленчатого вала, на режимах прокручивания ДВС с $\omega < 55$ рад/с не превышает 5 % [2] суммарного момента $M_с$, и ее в дальнейшем не учитываем.

Влиянием переменной составляющей $M_{пр}$ от сил упругости клапанных пружин на данном режиме также можно пренебречь, так как затраты мощности на привод ГРМ не превышают 4 % от суммарных механических потерь двигателя [7].

Основной переменной составляющей механических потерь являются потери на трение поршневых колец и поршней $M_{цпг}$, которые зависят от угла поворота коленчатого вала φ. Момент от сил трения в сопряжениях ЦПГ [7]:

$$M_{цпг} = \sum_{i=1}^{z} P_{цпг\,i} R \frac{\sin(\varphi_i + \beta_i)}{\cos\beta_i} \approx \approx \sum_{i=1}^{z} P_{цпг_i} R \left(\sin\varphi_i + \frac{\lambda}{2}\sin 2\varphi_i\right), \quad (3)$$

где $P_{цпг\,i}$ — сила трения в сопряжениях ЦПГ i-го цилиндра; φ_i — значение угла поворота коленчатого вала i-го цилиндра с учетом фазового угла сдвига между одноименными тактами, осуществляемыми в соответствии с порядком работы цилиндров; $\lambda = R/L$ — отношение радиуса кривошипа R к длине шатуна L; β — угол отклонения шатуна от оси цилиндра, соответствующий φ_i.

Сила трения $P_{цпг}$ определяется силами взаимодействия поршневых колец $P_{пк}$ и юбки поршня $P_{юп}$ со стенками цилиндра и зависит от условий смазки, упругости колец и давления газовых сил. На установившемся режиме прокручивания коленчатого вала эти условия при скорости движения поршня в узком диапазоне 0...5 м/с и незначительной разности газовых сил в цилиндрах ДВС примерно одинаковы ($P_{цпг\,i} = P_{цпг(i+1)} = P_{цпг\,z}$) при осуществлении в них одних и тех же рабочих тактов. Следовательно, момент $M_{цпг}$ является функцией только угла поворота φ коленчатого вала с периодом, кратным числу цилиндров $\left(T_{M_{цпг}} = 4\pi/z\right)$.

Момент сопротивления от действия компрессионных сил $P_{сφ}$ i-го цилиндра определяется [7]:

$$M_{к_i} = P_{сφ_i} F_п R \frac{\sin(\varphi_i + \beta_i)}{Cos\beta_i} \approx \approx P_{сφ_i} F_п R \left(\sin\varphi_i + \frac{\lambda}{2}\sin 2\varphi_i\right), \quad (4)$$

где $F_п$ — площадь поршня.

В общем случае суммарное действие компрессионных сил на среднее значение момента сопротивления M_c можно принять равным нулю (считаем, что затраченная кинетическая энергия на сжатие рабочего тела полностью возвращается при движении поршня от ВМТ на такте расширения). Однако влияние компрессионных сил на мгновенное значение момента сопротивления на протяжении такта сжатия в i-м цилиндре различно. Большая часть (75 %) работы сил давления сжатия рабочего тела при его расширении в предыдущем ($i - 1$)-м цилиндре приходится на первую половину такта сжатия диагностируемого i-го цилиндра, а от сил сопротивления сжатия (компрессии) — на заключительную его половину (рис. 1). Следовательно, действие компрессионных сил в первой части такта сжатия от 0 до φ_1, характеризующих такт расширения в (i-1)-м цилиндре, проявится в уменьшении $M_{cφ}$ по отношению к его среднему значению $M_с$:

$$M_{с(o-\varphi_1)} = M_м - M_к, \quad (5)$$

а во второй части — от φ_1 до φ_2, характеризующих такт сжатия в i-м цилиндре, — в увеличении:

$$M_{с(\varphi_1-\varphi_2)} = M_м + M_к. \quad (6)$$

Таким образом, суммарный момент сопротивления $M_с$ в режиме прокручивания стартером

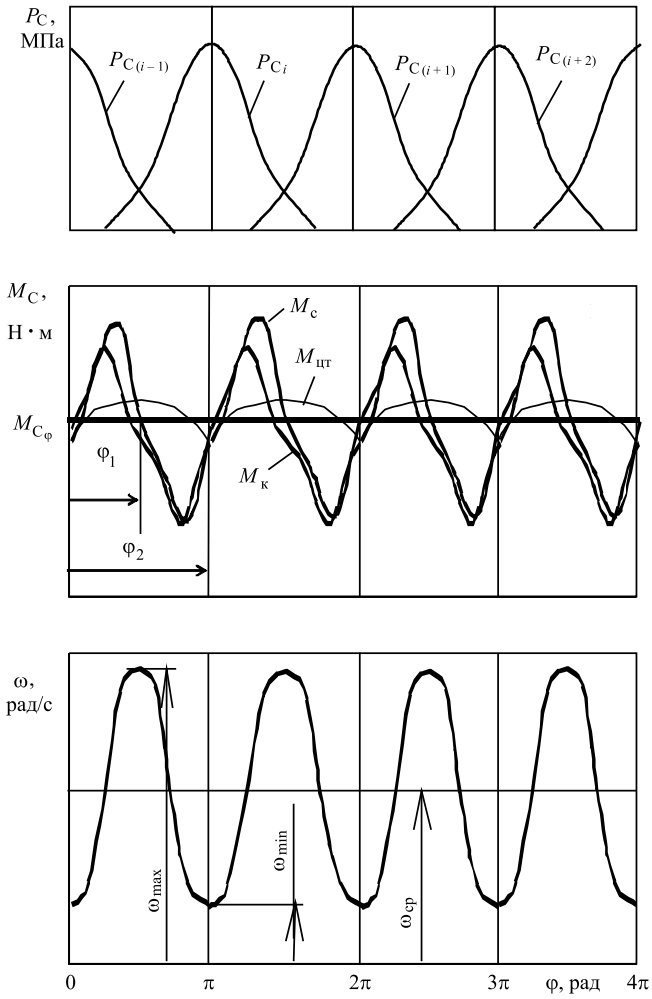

Рис. 1. Изменение давления P_c в цилиндрах, составляющих момента M_c сопротивления и угловой скорости ω по углу φ поворота коленчатого вала при прокручивании стартером коленчатого вала 4-цилиндрового двигателя

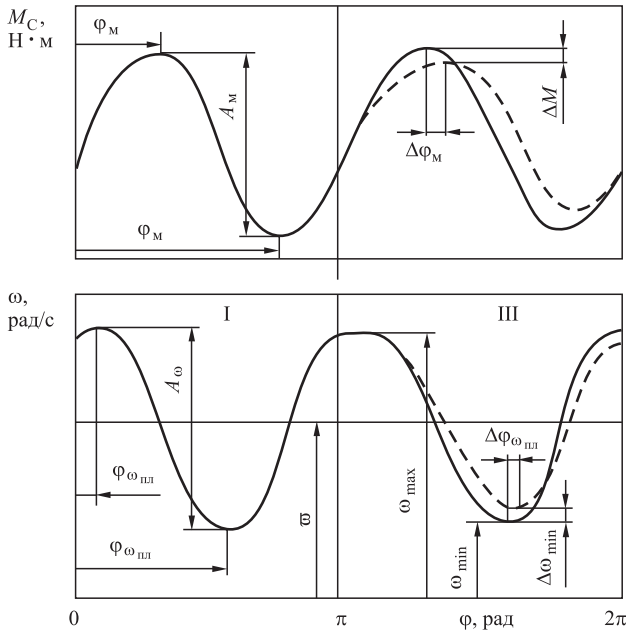

Рис. 2. Изменение составляющей момента сопротивления M_c и показателей неравномерности угловой скорости ω по углу поворота φ коленчатого вала 4-цилиндрового ДВС с номинальной (—) и уменьшенной (---) компрессией в I и III цилиндрах

в основном определяется моментами $M_м$, $M_{цпг}$ и $M_к$ (составляющие $M_н$, $M_п$, $M_{пр}$ не принимаем во внимание по ранее обоснованным причинам), причем $M_м$ является величиной постоянной по углу поворота коленчатого вала, а $M_{цпг}$ изменяется идентично в каждом угловом интервале, соответствующем периоду изменения M_c ($T_{Mc} = 4\pi/z$). Единственной составляющей, способной вызвать индивидуальные внутрицикловые изменения M_c в угловых интервалах, кратных числу цилиндров ДВС, является момент компрессионных сил $M_к = f(P_c)$.

Периодическое изменение момента сопротивления $M_{c\varphi}$ вызывает периодическое изменение угловой скорости коленчатого вала ω (рис. 2): замедление на такте сжатия и ускорение на такте расширения. Число периодических колебаний за полный кинематический цикл работы ДВС равно числу его цилиндров, и каждое из них характеризует компрессионные свойства конкретного цилиндра.

При равномерных рабочих процессах в цилиндрах, осуществляющих такты сжатия, характер изменения крутящего момента и угловой скорости будет близок к идентично повторяющему (на рис. 2 показан сплошной линией) и соответствовать одинаковым значениям амплитуд $A_{\omega i} = \omega_{max i} - \omega_{min i}$ колебаний, избыточных работ $A_{изб.р} = J_п\left(\omega^2_{max\,i} - \omega^2_{min\,i}\right)/2$ на участках разгона и соотношения работ разгона и выбега $\left(A_{р_i}/A_{в_i}\right)$ по каждому цилиндру.

Снижение компрессии в одном из цилиндров ДВС вызывает уменьшение M_c и, соответственно, участка убывания угловой скорости, ее амплитуды изменения (на рис. 2 показано пунктирной линией). В свою очередь, сжатые газы в этом цилиндре производят меньшую работу по разгону приведенных масс двигателя на начальном интервале такта расширения, что также отразится на значениях $M_{c\varphi}$ и, соответственно, экстремуме угловой скорости и фазовом его сдвиге $\Delta\varphi_{min}$ по углу поворота коленчатого вала относительно нормативных показателей.

Поскольку чередование одноименных тактов по цилиндрам четырехцилиндрового ДВС проис-

ходит через 180° (π рад) по углу поворота коленчатого вала, а начало измерений ω совпадает с ВМТ опорного I цилиндра в конце такта "сжатие", то интервал 0—π поворота коленчатого вала на диаграмме (см. рис. 2) соответствует полному такту "расширение" I цилиндра. Интервал π—2π соответствует такту "расширение" III цилиндра и так далее по порядку работы цилиндров. Привязка угловых интервалов изменения ω именно к тактам "расширение" соответствующих цилиндров обусловлена действием на этом такте компрессионной силы P_c, которая, как следует из анализа составляющих момента сопротивления (1), определяет характер изменения $M_{c\varphi}$ и, соответственно, внутрицикловой угловой скорости по углу поворота коленчатого вала $\omega = f(P_c)$.

По внутрицикловой характеристике изменения угловой скорости коленчатого вала определяют показатели компрессионных свойств цилиндров:

— относительную неравномерность как отношение разности между максимальным и минимальным значениями одноименных экстремумов угловой скорости (ω_{max} либо ω_{min}) к ее среднему значению ϖ:

$$\delta_к = \frac{\omega'_{max} - \omega'_{min}}{\varpi}, \qquad (7)$$

где ω'_{max}, ω'_{min} — соответственно максимальное и минимальное значения одноименных экстремумов угловой скорости в пределах кинематического цикла ДВС;

— отдельных цилиндров — по значениям амплитуд A_ω колебаний угловой скорости, избыточных работ $A_{изб.р}$ на участках разгона и соотношения работ разгона и выбега $\left(A_{р_i}/A_{в_i}\right)$ в пределах углов от $\varphi_{\omega_{max}}$ до $\varphi_{\omega_{min}}$ поворота коленчатого вала (рис. 2), соответствующих значениям диапазонов тактов сжатия $A_{в_i}$ и расширения $A_{р_i}$ рабочей смеси в цилиндрах (в отсутствие ее сгорания). Дополнительным диагностическим параметром компрессионных свойств цилиндров являются значения фазовых смещений экстремумов угловых скоростей $\Delta_{\varphi_{min}}$ и $\Delta_{\varphi_{max}}$.

Точность рассмотренного динамического метода определения технического состояния ЦПГ выше других перечисленных нами способов, так как диагностирование осуществляется всего за два оборота коленчатого вала — при более стабильных значениях частоты вращения и теплового состояния одноименных деталей ЦПГ. Но и для него присущи некоторые из ранее рассмотренных недостатков, понижающих достоверность диагноза:

— низкое значение частоты прокрутки коленчатого вала стартером и возможное увеличение коэффициента ее неравномерности изменения по углу поворота, зависит от технического состояния стартера аккумулятора;

— неизбежная погрешность измерения значений мгновенной угловой скорости коленчатого вала вследствие явно выраженной гармоники ее низкочастотных колебаний от динамического взаимодействия девяти зубьев стартера с венцом (138 зубьев) маховика двигателя в режиме прокрутки (рис. 3), подробно рассмотренная в работе [3].

С целью исключения указанных недостатков и повышения точности определения технического состояния ЦПГ предложено измерения внутрицикловой угловой скорости коленчатого вала осуществлять при работе ДВС в режиме холостого хода на одном цилиндре с отключенными остальными при средней за кинематический цикл угловой скорости, соответствующей значению $\omega_{ср}$ = 50 ± 1 рад/с (рис. 4), которая обоснована

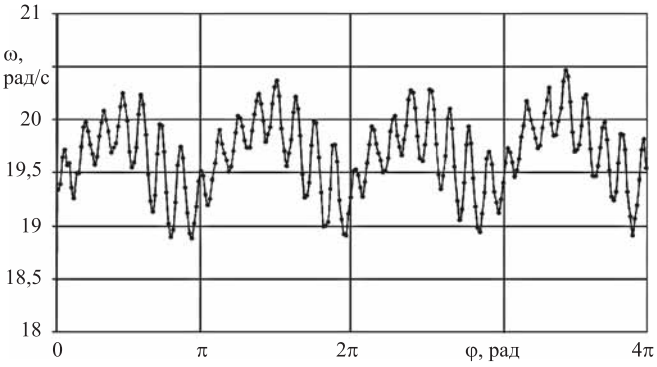

Рис. 3. Диаграмма мгновенных значений угловой скорости ω коленчатого вала по углу его поворота φ при прокручивании стартером двигателя 4Ч 9,2/9,2

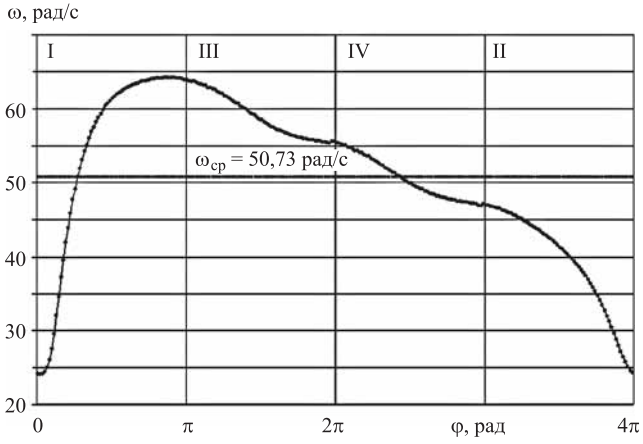

Рис. 4. Изменение угловой скорости ω коленчатого вала по углу φ его поворота при работе ДВС 4Ч 9,2/9,2 на одном цилиндре с отключенными остальными:

I—IV — номера цилиндров по порядку их работы

в работах [1, 8, 10] как оптимальная для диагностирования.

В обозначенном скоростном режиме диагностирования повышается температура газов внутри цилиндров и сокращается время их утечек, что более достоверно отражает истинное значение компрессии, свойственное обычным рабочим режимам ДВС. При этом после осуществления рабочего процесса в одном из цилиндров ДВС за счет запасенной кинетической энергии инерционных масс коленчатый вал осуществляет свободный выбег, значения его мгновенных угловых скоростей плавно изменяются и в наибольшей степени соответствуют их действительным значениям по сравнению со способом-прототипом.

Диагностирование компрессионных свойств цилиндров предлагаемым способом реализуется с помощью разработанного устройства для поэлементного диагностирования ДВС (рис. 5 [2]) и осуществляется в следующей последовательности.

Двигатель прогревают до рабочей температуры охлаждающей жидкости и моторного масла. К коленчатому валу присоединяют преобразователь угловых перемещений типов ВЕ-178А, ЛиР-158Б,-238, ES-3, EH-3 или с помощью специального разъема осуществляют контакт с датчиком частоты вращения электронного блока управления работой ДВС, сигналы от которых поступают в диагностическое микропроцессорное устройство. Устройство регистрирует 512 значений мгновенной угловой скорости коленчатого вала в пределах кинематического цикла двигателя и обрабатывает их по алгоритму, приведенному ниже. Начало измерений значений угловой скорости вала устройством синхронизовано с положением поршня в верхней мертвой точке такта

Рис. 5. Устройство для поэлементного диагностирования механизмов и систем ДВС

расширения I цилиндра при достижении обоснованного значения средней угловой скорости коленчатого вала $\omega_{ср} = 50 \pm 1$ рад/с за цикл работы ДВС.

После пуска двигателя в заданном режиме холостого хода регистрируют внутрицикловые мгновенные значения его угловой скорости сначала при работающем I цилиндре и отключенных других, а затем поочередно на каждом из оставшихся цилиндров. При этом устройство диагностирования автоматически отслеживает идентичность скоростных режимов ДВС при его работе на каждом цилиндре ($\omega_{ср} = 50 \pm 1$ рад/с) в процессе диагностирования — необходимого и важного условия для определения компрессионных свойств.

По полученным зависимостям $\omega = f(\varphi)$, сравнивая их друг с другом по диагностическим параметрам $A_{изб.р}$, $A_{р_i}/A_{в_i}$ в соответствующих угловых интервалах поворота коленчатого вала, оценивают компрессионные свойства конкретных цилиндров (на диаграмме рис. 4 интервалы $\pi...2\pi$ и $2\pi...3\pi$ изменения угловых скоростей соответствуют работе компрессионных сил III и IV цилиндров. Значение экстремумов угловых скоростей $\omega_{i_{min}}$ и $\omega_{i_{max}}$ для диагностических параметров определяются по значениям углов поворота коленчатого вала φ_1, φ_2, соответствующим фактическим диапазонам тактов сжатия-расширения в цилиндрах с учетом фаз газораспределения конкретной модели ДВС.

Корреляционный анализ зависимости значений компрессии и выбранных диагностических параметров $A_{изб.р}$ и $A_{р_i}/A_{в_i}$ при диагностировании 4-цилиндровых автотракторных ДВС отечественных моделей показал, что коэффициенты их парной корреляции составляют соответственно 0,74 и 0,81, свидетельствующие о высокой их информативности и достоверности.

Реализация данного способа диагностирования ЦПГ применительно к шести- и восьмицилиндровым ДВС осуществляется при работе двигателя на двух цилиндрах. Методика оценки компрессионных свойств цилиндров при этом остается прежней.

Разработанный бестормозной способ обеспечивает высокую точность диагностирования ЦПГ и может быть использован в унифицированном устройстве встроенной диагностики бензиновых и дизельных ДВС автотранспортных средств, в которых имеются электронные системы выключения из работы цилиндров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гребенников А. С.** Диагностирование автотракторных двигателей динамическим методом. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2002. — 196 с.
2. **Гребенников А. С.** Диагностирование ЦПГ по параметрам ее герметичности // Двигателестроение. — 1990. — № 6. — С. 29—30.
3. **Гребенников С. А., Петров М. Г., Гребенников А. С.** Снижение погрешности определения внутрицикловых значений угловой скорости коленчатого вала при диагностировании ДВС // Вестник Саратовского государственного технического университета. — 2011. — № 2. — Вып. 1. — С. 127—133.
4. **Мирошников Л. В., Болдин А. П., Пал В. И.** и др. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. — М.: Транспорт, 1977 — 263 с.
5. **Кривцова Т. И.** Совершенствование метода диагностирования компрессионных свойств дизельных двигателей тракторов и автомобилей сельскохозяйственного назначения по характеристикам стартерного тока: дис. ... канд. техн. наук. — Иркутск, 2011. — 153 с.
6. **Результаты** диагностирования цилиндропоршневой группы способом оценки динамической компрессии / О. Н. Ларин, С. С. Куков, А. В. Гриценко, К. В. Глемба // АПК России. — 2016. — Т. 23. — № 3. — С. 619—625.
7. **Луканин В. Н., Алексеев И. В., Шатров М. Г.** и др. Двигатели внутреннего сгорания: в 3 кн. Кн. 2 Динамика и конструирование. — М.: Высшая школа, 2005. — 400 с.
8. **Синий В. Ф.** Контроль герметичности камер сгорания двигателей по не-равномерности вращения коленчатого вала в эксплуатационных режимах. Дисс. ... канд. техн. наук. — Новосибирск, 1985. — 147 с.
9. **Техническая эксплуатация автомобилей** / Под ред. Е. С. Кузнецова. — М.: Наука, 2001. — 535 с.
10. **Техническое обеспечение** измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК / В. В. Альт, И. П. Добролюбов, О. Ф. Савченко, С. Н. Ольшевский; под ред. В. В. Альта. — Новосибирск: ГНУ СибФТИ, 2013. — 523 с.

Тест-драйв в Санкт-Петербурге

В северной столице состоялся динамический показ новой техники ПАО "КАМАЗ". Мероприятие прошло на территории стадиона "Санкт-Петербург Арена".

В ходе деловой встречи были презентованы два магистральных седельных тягача КАМАЗ-5490 NEO в традиционном и в газодизельном исполнении, тяжелый самосвал КАМАЗ-65801 и газодизельный автофургон КАМАЗ-4308. ПАО "КАМАЗ" совместно с официальным дилером компании ТЦ "ВОСТОК" дал возможность потенциальным заказчикам и журналистам проехать за рулем новых моделей автомобилей и получить консультации специалистов.

Состоявшийся динамический показ в очередной раз подтвердил большой интерес к магистральному тягачу КАМАЗ-5490 NEO. Модернизированная версия КАМАЗ-5490, флагмана нового модельного ряда, сегодня пользуется высоким спросом. Работа этого тягача в газодизельном режиме позволяет достичь экономии в размере 2 руб. на каждый пройденный километр пути. Так, при пробеге автомобиля 100 тыс. км удается сэкономить 200 тыс. руб.

В центре внимания был и самосвал КАМАЗ-65801 с колесной формулой 8х4, оснащенный комфортабельной кабиной на четырехточечной пружинной подвеске, 9-тонными передними осями и 16-тонными ведущими мостами. Применение в конструкции грузовика оригинальных компонентов, таких как усиленные рама и подвеска, модернизированных систем тормозов и рулевого управления позволило повысить грузоподъемность самосвала до 33 т. Автомобиль оснащен 12-литровым двигателем Cummins серии ISG12 мощностью 450 л. с. Кроме того, в числе преимуществ модели — обогреваемая платформа из высокопрочной и износостойкой стали объемом 20 куб. м.

Были презентованы также газодизельный автофургон КАМАЗ-4308 и его главная особенность — система питания. Автомобиль битопливный, то есть работает на смеси метана и дизельного топлива. Соотношение дизтоплива и метана — 55 % на 45 %, что дает ощутимое снижение затрат в эксплуатации. Есть также возможность работы только на дизельном топливе. Грузовик оснащен двигателем Cummins мощностью 242 л. с. Изотермический фургон вмещает до 35 куб. м груза. Топливный бак объемом 210 л и два газовых баллона по 80 л обеспечивают солидный запас хода.

Стадион "Санкт-Петербург Арена" позволил с большим размахом продемонстрировать технические возможности автомобилей КАМАЗ, созданных для бизнеса. Потенциальные покупатели и представители специализированных СМИ, которые были целевой аудиторией, высоко оценили технические и потребительские характеристики автотехники из нового модельного ряда компании.

Помимо презентации автомобилей и собственно тест-драйва, в рамках программы состоялась экскурсия по стадиону "Санкт-Петербург Арена".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 629.1

Д. Ю. Батыщев, ассистент, e-mail: batyshhev@bk.ru, **И. В. Ефремова,** студент, e-mail: 79081986761@yandex.ru, **Ю. В. Симко,** студент, e-mail: yulek995@yandex.ru, **В. Р. Марков,** студент, e-mail: vladmarkov96@mail.ru, **Я. А. Зима,** студент, ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, e-mail: yaroslav_zima@bk.ru

АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРКОВОЧНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены эксплуатационные и качественные параметры работы акустических парковочных систем. Приведена методика расчета площади отражения ультразвукового сигнала от цилиндрической поверхности отражателя. Выполнен расчетный анализ скорости срабатывания ультразвуковых датчиков в зависимости от величины ультразвукового тракта и несущей частоты излучаемого сигнала.

Ключевые слова: *ультразвуковой тракт, скорость срабатывания, акустическая парковочная система, цилиндрический отражатель.*

Operational and qualitative parameters of acoustic parking systems operation are considered. The technique for calculating the area of reflection of the ultrasonic signal from the cylindrical surface of the reflector is given. The calculated analysis of the speed of operation of ultrasonic sensors is performed depending on the magnitude of the ultrasonic path and the carrier frequency of the emitted signal.

Keywords: *Ultrasonic circuit, speed of response, acoustic parking system, cylindrical reflector.*

(Рисунки на 2-й полосе обложки)

В ходе эксплуатации вспомогательных парковочных систем возникают трудности, связанные с опасностью повреждения шин транспортных средств (ТС) о препятствие нестандартных габаритов и форм [1—4]. Существующие акустические парковочные системы (АПС) имеют множество недостатков и не позволяют в полной мере оценить расстояние до препятствия ввиду его незначительной отражающей способности. В данной статье будет рассмотрено изменение рабочих характеристик АПС при оценке расстояния до препятствия нестандартных размеров.

Для определения минимальных габаритных размеров препятствия было проведено натурное моделирование. В результате моделирования выяснилось, что наиболее подходящим препятствием для проведения дальнейших изысканий является тело, обладающее цилиндрической формой [1, 6, 7], с габаритами: L — 225 мм; d — 18 мм, где L — длина, d — диаметр тела. Также было определено, что препятствия с меньшими габаритами не определяются основным блоком АПС и не могут рассматриваться как условное препятствие.

Исходя из поставленной задачи исследования, необходимо рассчитать следующие характеристики:

— площадь отражающей поверхности с учетом пространственного положения отражателя относительно источника сигнала ($S_{от}$);

— время отклика системы (t);

— частоту несущего сигнала ультразвукового датчика (F);

— длину поперечной волны (λ).

Для определения площади отражения воспользуемся формулой нахождения эквивалентной площади для сферического отражателя [2]:

$$S_{от} = \frac{S_т}{S} 100\ \%, \tag{1}$$

где $S_т$ — фактическая площадь отражателя, мм; S — ультразвуковой тракт, мм.

Для определения расстояния, которое проходит ультразвук от излучателя и обратно (ультразвукового тракта), воспользуемся выражением:

$$S = \frac{1}{2} C_з t \lambda, \tag{2}$$

где $C_з$ — скорость звука, м/с; t — время срабатывания системы, с; λ — длина поперечной волны, мм.

Длина поперечной волны находится с помощью следующего выражения [4]:

$$\lambda = \frac{C_з}{F}, \tag{3}$$

где F — частота несущего сигнала излучателя, МГц.

Граничные условия таковы.

1. Скорость звуковой волны принимается равной скорости звука — 331,46 м/с.

2. Фактическая площадь отражателя составляет 12 717 мм^2.

Результаты расчета потребной площади поверхности отражателя

Модель АПС	Фактическая площадь отражателя, мм^2	Длина поперечной волны, мм	Частота несущего сигнала, МГц	Время срабатывания системы, мс	Величина ультразвукового тракта, мм	Площадь отражающей поверхности, мм^2
SHO-ME 2630	12 717	8,72	38,00	3,01	500	2545
				6,04	1000	1271
				9,05	1500	848
INTRO PT-1043		8,50	39,00	2,94	487	2612
				5,88	975	1305
				8,82	1462	870
Park Master 4DJ-06		8,29	40,00	2,9	475	2679
				5,7	950	1338
				8,6	1425	892
Fusion FRA-42		7,37	45,00	2,55	422	3014
				5,10	845	1505
				7,64	1267	1004
Black View 4.2-22		7,21	46,00	2,49	413	3081
				4,99	826	1539
				7,48	1239	1026
AVS A7801 8S		7,05	47,00	2,44	404	3148
				4,88	809	1572
				7,32	1213	1048

3. Частота несущего сигнала определяется для каждой системы исходя из паспортных данных. Она составляет 38; 39; 40; 45 и 47 КГц.

4. Для определения первичного положения препятствия во время измерений оно будет располагаться в трех различных точках относительно источника сигнала, на расстояниях, равных 500; 1000 и 1500 мм соответственно.

Результаты расчетов представлены в таблице.

Графические зависимости, полученные в результате расчетов, показаны на рис. 1 и 2.

Выводы

Исходя из проведенного расчета, можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее важную роль в работе АПС играет величина несущего сигнала излучателей. Следовательно, при выборе парктроника необходимо руководствоваться частотой работы ультразвуковых датчиков и скоростью обработки сигнала основного блока.

2. Время срабатывания системы зависит от расстояния, на котором расположено препятствие. Скорость отклика датчика влияет на корректность работы системы и безопасность парковочного маневра.

3. Усиление сигнала и повышение интенсивности обмена информацией между основным блоком и датчиками зависит от расстояния до препятствия. Вследствие увеличения расстояния между источником и отражателем площадь отражения снижается. Данное явление может привести к потере контроля и создаст потенциальную опасность при парковке. Таким образом, при выборе парктроника следует рассматривать системы, оснащенные высокочастотными датчиками с наибольшим количеством сканируемых зон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Зацепин А. Ф.** Введение в физику акустического контроля: конспект лекций / А. Ф. Зацепин. — Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ—УПИ, 2005. — 79 с.
2. **Алешин Н. П.** Ультразвуковая дефектоскопия: справ. пособие / Н. П. Алешин, В. Г. Лупачев. — Минск: Высшая школа, 1987. — 271 с.
3. **Крауткремер Й.** Ультразвуковой контроль материалов: справочник / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. — М.: Металлургия, 1991. — 751 с.
4. **Меренков А. О.** О роли мобильных приложений в процессе взаимодействия пользователей с интеллектуальной транспортной системой // Реформы в России и проблемы управления: Материалы 31-й Всероссийской научной конференции молодых ученых — М.: ГУУ, 2016. — С. 263—265.
5. **Polak J., Jones P.** The acquisition of pre-trip information: A stated preference approach, Transportation. 1993. 20. P. 179—198.
6. **Post P., Parry S., Spivack G**. Olympic Park-and-Ride Advance Reservation System, Transportation Research Record. 1985. 1045. P. 1—8.
7. **Reich B., Hanisch F.** Joining forces integrating parking guidance and traffic management. Traffic Technology International. Annual Rev. 1997. P. 36—37.

УДК 629.331

И. В. Денисов, канд. техн. наук, e-mail: denisoviv@mail.ru, **А. А. Смирнов,** магистрант, e-mail: AlexiFoX@yandex.ru ФГБОУ ВО "Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых", г. Владимир

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ КАТУШКИ ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЯ LADA KALINA В ГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

В настоящей статье авторами представлены результаты исследования эксплуатационной надежности индивидуальной катушки зажигания автомобиля Lada Kalina. Данная информация получена путем анализа отказов автотранспортных средств в гарантийный период эксплуатации, зарегистрированных на основании обращений автовладельцев на предприятия сервисно-сбытовой сети ПАО "АвтоВАЗ" во Владимирской области. Установлено, что средняя наработка до отказа анализируемой детали составила 20,6 тыс. км, а проверка по критериям Пирсона и Романовского подтвердила гипотезу о принадлежности распределения случайной величины к закону Вейбулла.

Ключевые слова: *индивидуальная катушка зажигания, система зажигания, надежность, Lada Kalina.*

In this article, the authors present the results of a study of the operational reliability of the individual ignition coil of the Lada Kalina car. This information was obtained by analyzing the failure of vehicles during the warranty period of operation, registered on the basis of applications from car owners at the enterprises of the service and distribution network of the AvtoVAZ plant in the Vladimir region. It is established that the average operating time to failure of the analyzed part was 20,6 thousand kilometers, and the Pearson and Romanowsky tests confirmed the hypothesis that the distribution of the random variable belongs to the Weibull law.

Keywords: *individual ignition coil, ignition system, reliability, Lada Kalina.*

В современных автотранспортных средствах (АТС), оборудованных электронными блоками управления бензиновым двигателем внутреннего сгорания (ДВС), широкое распространение получили системы индивидуального зажигания, особенность которых заключается в обслуживании каждого из цилиндров ДВС собственной (индивидуальной) катушкой зажигания (ИКЗ), расположенной непосредственно над свечой зажигания. Отсутствие в такой конструкции высоковольтных проводов способствует формированию стабильного искрообразования в цилиндрах двигателя, что увеличивает его мощность и топливную экономичность.

В эксплуатации на систему зажигания приходится примерно 10—12 % всех отказов электрооборудования, и в 80 % случаев эти отказы являются причиной повышенного расхода топлива (на 5—6 %), а также снижения мощности двигателя и, как следствие, динамических качеств транспортной машины [5].

От технического состояния ИКЗ зависит надежность воспламенения рабочей смеси в цилиндрах ДВС в нужный момент, что, в свою очередь, оказывает влияние на энергетические, экономические и экологические показатели силового агрегата.

Ввиду малых размеров катушек зажигания и большого коэффициента трансформации в эксплуатации наблюдаются отказы, вызванные повреждением изоляции обмотки вследствие пробоя и последующего межвиткового замыкания. Неисправная ИКЗ способна воспламенить рабочую смесь в цилиндре двигателя на режимах холостого хода и малых оборотов коленчатого вала ДВС, а при увеличении нагрузки на силовой агрегат возникают пропуски зажигания, которые пагубно влияют на работоспособность и ресурс каталитического нейтрализатора [3]. Обнаружение рассматриваемой неисправности осуществляют мотор-тестером путем анализа осциллограммы напряжения в первичной или во вторичной цепи катушки. Характерным признаком межвиткового пробоя изоляции ИКЗ является отсутствие затухающих колебаний в конце горения искры на осциллограмме сигнала.

Указанные диагностические воздействия, проводимые на СТОА с помощью мотор-тестера по

Результаты исследования эксплуатационной надежности индивидуальной катушки зажигания автомобиля Lada Kalina

№ п/п	Функция	Интервал								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$X_i—X_k$	0—6,1	6,1—12,2	12,2—18,3	18,3—24,4	24,4—30,5	30,5—36,6	36,6—42,7	42,7—48,8	48,8—54,9
2	$\bar{X}_i$	3,1	9,2	15,3	21,4	27,5	33,6	39,7	45,8	51,9
3	m_i^*	7	16	26	18	13	8	5	3	2
4	W_i	0,071	0,163	0,265	0,184	0,133	0,081	0,051	0,030	0,020
5	P_i	0,076	0,180	0,216	0,196	0,146	0,093	0,051	0,025	0,010
6	m_i	7,5	17,6	21,2	19,2	14,4	9,1	5,0	2,4	1,0
7	$P(\bar{X}_i)$	0,924	0,744	0,528	0,331	0,185	0,092	0,040	0,016	0,006
8	$F(\bar{X}_i)$	0,076	0,256	0,472	0,669	0,815	0,908	0,960	0,984	0,994
9	$\lambda(\bar{X}_i)\cdot 10^{-5}$	1,39	4,0	6,75	9,69	12,89	16,36	20,12	24,19	28,60

микропроцессорной системе зажигания автомобиля марки Lada Kalina, позволили получить первичную информацию об эксплуатационной надежности ИКЗ. В отчетный период 2010—2013 гг. от автовладельцев было зарегистрировано 1779 обращений, связанных с отказами системы электрооборудования, из которых на объект исследования настоящей публикации приходится 6 % [2].

Выборка наработок на отказ индивидуальных катушек зажигания [4], сформированная авторами настоящей статьи, была проанализирована по методике [1] с целью получения математического описания показателей надежности изучаемого элемента. Конечные результаты исследования, включающие следующие показатели: границы интервалов, $X_i—X_k$, тыс. км; середины интервалов, $\bar{X}_i$, тыс. км; опытные частоты попадания m_i^*; в интервале, относительной величины частоты, W_i; теоретические вероятности попадания в интервал, P_i; теоретические частоты попадания в интервал, m_i; вероятности безотказной работы, $P(\bar{X}_i)$; вероятности отказа узла, $F(\bar{X}_i)$ и интенсивность отказов, $\lambda(\bar{X}_i)$, представлены в таблице.

Минимальное значение выборки $t_{\min}$ составило 2915 км, а максимальное $t_{\max}$ = 49,6 тыс. км. Расчетное значение шага интервала h = 6142,8 км, и для удобства дальнейших вычислений было округлено до 6,1 тыс. км. Средний ресурс анализируемого элемента составил $t_{ср}$ = 20,6 тыс. км, коэффициент вариации ν = 0,56. Параметр формы $n \approx 1{,}9$, параметр масштаба $\mu = 4{,}29\cdot 10^{-5}$.

По данным строки *4* таблицы построена гистограмма распределения значений наработок до отказа индивидуальной катушки зажигания (рис. 1).

По характеру гистограммы выдвигаем гипотезу о принадлежности отказов изучаемых элементов к закону Вейбулла на основании сведений строки *5* таблицы, наносим сглаживающую кривую.

Так как расчетное значение критерия Пирсона составило χ^2 = 2,69, а табличное при числе степеней свободы s = 6 и уровне значимости α = 0,05, $\chi^2_{табл}$ = 12,59, то выполняется условие $\chi^2 < \chi^2_{табл}$. Расчетное значение критерия Романовского $K_р$ = −1,49 меньше 3. Следовательно, гипотеза

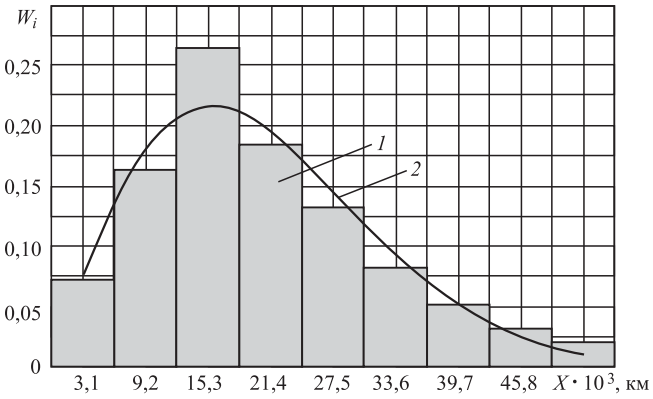

Рис. 1. Гистограмма распределения значений наработок на отказ индивидуальной катушки зажигания:

1 — автомобиля Lada Kalina; *2* — сглаживающая кривая закона Вейбулла

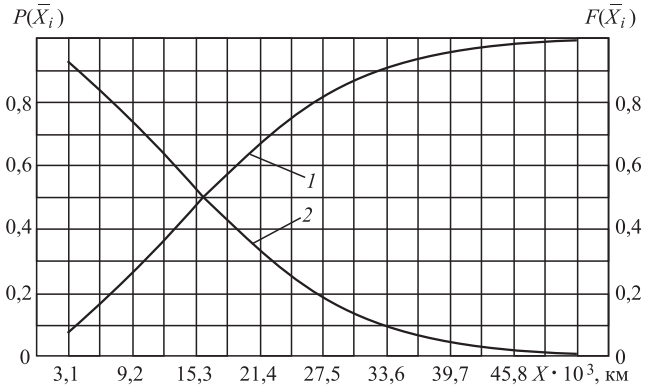

Рис. 2. График работы индивидуальной катушки зажигания автомобиля Lada Kalina:

1 — вероятность отказа; *2* — вероятность безотказной работы

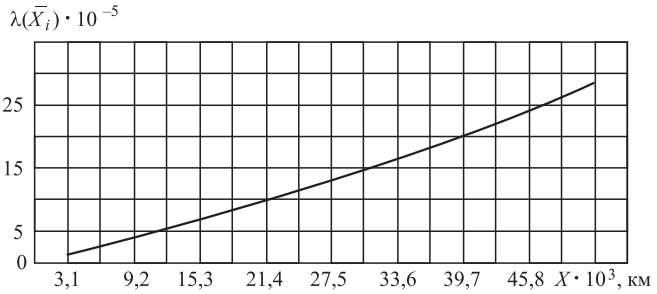

Рис. 3. Распределение интенсивности отказов индивидуальной катушки зажигания автомобиля Lada Kalina по наработке

о принадлежности экспериментальных данных к закону распределения Вейбулла не отвергается.

С использованием значений строк *7, 8* таблицы установлено распределение вероятности отказа *1* (рис. 2) и безотказной работы *2* индивидуальной катушки зажигания по наработке.

По данным строки *9* таблицы построена номограмма зависимости интенсивности отказов от наработки (рис. 3).

Заключение

По результатам исследования рассчитаны показатели надежности индивидуальной катушки зажигания автомобиля Lada Kalina: средний ресурс $t_{ср}$ = 20,6 тыс. км, коэффициент вариации ν = 0,56. Установлен теоретический закон распределения наработок до отказа. Гипотеза о принадлежности опытных данных закону Вейбулла не отвергается, так как расчетные значения критерия согласия Пирсона удовлетворяют табличным значениям, а значение критерия Романовского меньше трех.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Баженов Ю. В.** Основы теории надежности машин: учеб. пособие. — Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. — 160 с. ISBN 5-89368-655-1.
2. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование надежности автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Автотранспортное предприятие. — 2016. — № 10. — С. 33—35.
3. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Исследование эксплуатационной надежности каталитического нейтрализатора отработавших газов автомобиля Lada Kalina в гарантийный период эксплуатации // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 20—22 декабря 2016 г. В 2 т. Т. 2. / Отв. редактор А. В. Медведев. — Тюмень: ТИУ, 2016. — С. 123—128. ISBN 978-5-9961-1339-2.
4. **Денисов И. В., Смирнов А. А.** Надежность автомобилей в гарантийный период их эксплуатации // Автомобильная промышленность. — 2015. — № 11. — С. 1—4.
5. **Набоких В. А.** Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов: учеб. пособие. — М.: Форум, 2013. — 288 с. ISBN 978-5-91134-683-6.

Делегация Weichai Power на "КАМАЗЕ"

ПАО "КАМАЗ" с деловым визитом посетила делегация крупнейшей китайской моторостроительной корпорации Weichai Power и ее дочернего предприятия ООО "Вейчай-Рус Трейдинвест".

В числе гостей — председатель и генеральный директор компании Weichai Power Тан Сьюгуан, исполнительный президент Weichai Power Чжан Чуань, генеральный директор ООО "Вейчай-Рус Трейдинвест" Алексей Тутубалин и другие. В ходе деловой программы члены делегации посетили СП "КАММИНЗ КАМА" и "ЦФ КАМА", где ознакомились с процессом сборки двигателей КАММИНЗ и линией сборки коробки переключения передач.

Также гости побывали на заводе двигателей, увидели работу конвейера сборки кабин и главного сборочного конвейера на автомобильном заводе и осмотрели строительную площадку нового завода по производству каркасов кабин для грузовиков поколения К5. Завершился визит переговорами о перспективах сотрудничества, в которых принял участие генеральный директор "КАМАЗа" Сергей Когогин.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ

УДК 656.07

А. В. Карпов, канд. техн. наук, доцент, e-mail: rusalexa@mail.ru, **Л. А. Ильина,** д-р эконом. наук, доцент, Самарский государственный технический университет, e-mail: ilyina.la@samgtu.ru

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ПО УХОДУ ЗА АВТОМОБИЛЕМ НА УЧАСТКЕ УБОРОЧНО-МОЕЧНЫХ РАБОТ

Разработана новая комплексная программа по уходу за автомобилем, состоящая из шести отдельных программ, обеспечивающих дополнительную прибыль на участке уборочно-моечных работ за счет оптимизации времени, стоимости и качества предоставляемых услуг.

Ключевые слова: *комплексная программа, мойка автомобилей, мойка и полировка; установка оборотного водоснабжения.*

Developed a new comprehensive program for car care, consisting of six separate programs that provide additional income for plot harvesting-washing works by optimizing time, cost and quality of services provided.

Keywords: *comprehensive program, car washing, cleaning and washing work, installation of circulating water supply.*

Цель работы — разработка и внедрение в производство новой комплексной программы по уходу за автомобилем, способствующей оптимизации развития участка уборочно-моечных работ.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

— рассмотреть основное назначение уборочно-моечных работ и применяемого технологического оборудования;

— проанализировать наиболее значимые требования охраны окружающей среды при проведении уборочно-моечных работ;

— разработать комплексную программу по уходу за автомобилем.

Большинство специалистов автомобильного профиля знают, что суть технологического процесса мойки автомобилей заключается в переводе твердых загрязнений в жидкости и дисперсии и удалении их с лакокрасочной поверхности автомобиля совместно с моющим раствором. Принято различать контактную и бесконтактную мойку автомобилей. Контактной считается мойка, во время проведения которой производится механическое воздействие (например, ветошью или во время протирки кузова) на лакокрасочную поверхность автомобиля. Мойку автомобилей осуществляют холодной или теплой водой. В последнем случае разница температур воды (моющего раствора) и обрабатываемой поверхности не должна превышать 20 °С, чтобы предотвратить образование микротрещин лакокрасочного покрытия [1]. В зависимости от использующегося технологического оборудования на участке уборочно-моечных работ мойку автомобилей принято разделять на ручную и механизированную. На территории Российской федерации наибольшее распространение получили ручные моечные установки, например аппараты высокого давления (АВД). Это объясняется несколькими факторами, такими как: стоимость аппаратов высокого давления, которая существенно ниже стоимости механизированных моечных установок; стоимость обслуживания и комплектующих (расходных материалов) механизированных моечных установок, которая гораздо выше стоимости обслуживания аппаратов высокого давления. Еще одним значимым фактором большего распространения ручных моечных установок на территории Российской федерации следует считать то, что, помимо наружной мойки автомобиля, производится уборка салона (мойка ковриков, обивок дверей и т. д.). Чтобы обеспечить мойку ковриков салона автомобиля при применении механизированной моечной установки, необходим дополнительный рабочий либо клиенты должны самостоятельно производить данную процедуру, как это делается во многих зарубежных странах.

Вода, используемая в процессе мойки и очистки, загрязняется вредными для окружающей среды примесями. Так, согласно данным, приведенным в источнике [2], один легковой автомобиль несет на себе в среднем до 5 кг загрязнений, сложных по составу, пропитанных маслами и продуктами их физико-химического превращения.

Высокие адгезионные свойства загрязнений, наряду со сложной конфигурацией лакокрасочных поверхностей кузова, обусловливают необходимость использования моющих средств, которые повышают качество очистки и производительность труда, но при этом существенно ухудшают состав сточных вод [2]. Поэтому применение нетоксичных биоразлагаемых моющих средств, например, российская разработка Synergetic, значительно расширило сферу использования моечных машин. Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов требуют особенно внимательного отношения к проведению моечно-очистительных работ. Процесс следует организовывать таким образом, чтобы полностью исключить сброс грязной воды в канализацию. Поэтому одним из обязательных условий при организации участка уборочно-моечных работ является использование установки оборотного водоснабжения.

Схематично процесс мойки автомобилей с использованием установки оборотного водоснабжения можно представить следующим образом (рис. 1). Вода из центральной системы поступает в моноблок установки оборотного водоснабжения, откуда подается в оборудование для мойки автомобилей, например аппарат высокого давления, а затем в установку оборотного водоснабжения, где производится очистка воды, после чего цикл возобновляется. При естественной убыли воды из установки оборотного водоснабжения необходимое количество воды добавляется из центральной системы. Рассматривать подробно устройство и принцип работы установки оборотного водоснабжения в данной статье не будем.

Большинство клиентов участка уборочно-моечных работ обращают внимание на время, стоимость и качество предлагаемых услуг. Данные параметры являются наиболее значимыми в сфере автоуслуг. В конечном итоге от этих параметров зависит выручка и, как следствие, прибыль предприятия. Поэтому руководство АТП должно быть заинтересовано в оптимизации данных параметров. При применении ручных моечных установок, таких как аппараты высокого давления, возможна регулировка всех трех параметров, таких как время, стоимость и качество. При применении механизированных моечных установок возможно изменение только одного параметра — стоимости, так как время мойки автомобиля заложено в технические характеристики установки и является постоянным, как и качество, которое должно быть неизменным при надлежащем и своевременном техническом обслуживании механизированной моечной установки. Увеличение стоимости приведет к потере клиентов, а существенное снижение сделает данную услугу нерентабельной. Возникает вопрос, что делать в сложившейся ситуации? Ответ на данный вопрос, по мнению авторов, заключается в разработке комплексной программы по уходу за автомобилем, в которую входят:

1) программа по уходу за лакокрасочным покрытием кузова автомобиля;

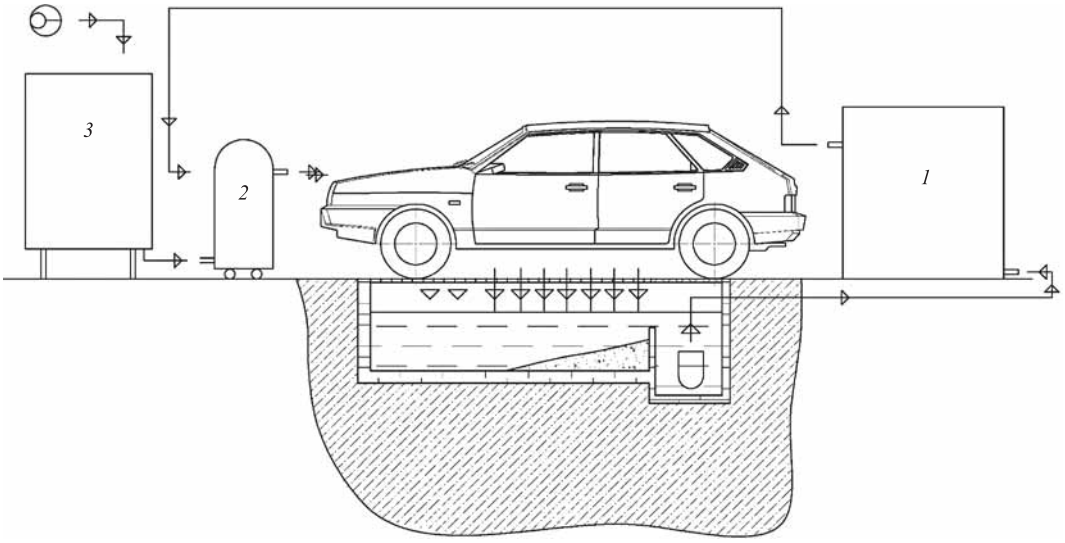

Рис. 1. Схема процесса мойки автомобилей с использованием установки оборотного водоснабжения:

1 — установка оборотного водоснабжения; *2* — аппарат высокого давления; *3* — моноблок

2) программа по уходу за дисками, резиной колес, пластиковыми и хромированными деталями кузова;

3) программа по уходу за стеклами, фарами, зеркалами;

4) программа по уходу за салоном автомобиля;

5) программа по уходу за моторным отсеком автомобиля;

6) обслуживание по программе мойка-люкс.

Программа по уходу за лакокрасочным покрытием кузова автомобиля включает наружную мойку кузова. Сначала применяется мойка кузова автомобиля без использования моющих средств, то есть производится сбивка грязи с лакокрасочной поверхности кузова водой, подаваемой аппаратом высокого давления (АВД). Затем выполняется нанесение на лакокрасочное покрытие кузова моющего средства, например активной пены, с использованием пеногенератора. После 5...7 мин выдержки моющего средства на лакокрасочной поверхности автомобиля его смывают, используя АВД. Далее чистая лакокрасочная поверхность кузова высушивается воздухом или протирается ветошью. Приведенные технологические операции представляют собой стандартный технологический процесс мойки автомобиля. В программу по уходу за лакокрасочным покрытием кузова автомобиля входят также дополнительные услуги, которыми может воспользоваться любой клиент участка уборочно-моечных работ. Например, такие как: покрытие кузова жидким защитным воском (горячий воск); восстановление лакокрасочного покрытия с помощью абразивной полировки; мойка арок крыльев и днища кузова; очистка от битумных пятен; продувка воздухом и смазка замков дверей и багажного отсека; покрытие порогов кузова антигравийной пленкой. На участке может применяться восковая, полимерная или тефлоновая защитная полировка с наночастицами, а также изобретение японских техноло-

Таблица 1

Программа по уходу за лакокрасочным покрытием кузова автомобиля

Код №	Наименование услуг	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория
1.1	Наружная мойка кузова	180	200	230	270
1.2	Сбить грязь с кузова давлением воды без мойки шампунем	130	130	150	150
1.3	Протирка кузова	50	60	70	80
1.4	Покрытие кузова жидким защитным воском (горячий воск)	150	170	200	230
1.5.1	Восковая защитная полировка	600	650	750	800
1.5.2	Полимерная (тефлоновая) защитная полировка	850	900	1000	1100
1.5.3	Защитная полировка с наночастицами	7500	8000	8500	9000
1.5.4	Нанесение жидкого стекла	9500	10 000	10 500	11 000
1.6	Восстановление лакокрасочного покрытия				
1.6.1	Максимально возможное	8000	9000	10 000	11 000
1.6.2	Средняя степень обработки	6000	7000	8000	9000
1.6.3	Минимальная степень обработки	4000	5000	6000	7000
1.7	Восстановительная полировка одной детали	900	970	1080	1200
1.8	Мойка днища	250	280	320	350
1.9	Мойка арок крыльев	100	100	100	100
1.10	Очистка от битумных пятен (одна деталь)	100	100	100	100
1.11	Продувка дверных замков воздухом	20	20	20	20
1.12	Смазка замков	30	30	30	30

Таблица 2

Программа по уходу за дисками, резиной колес, пластиковыми и хромированными деталями кузова

Код №	Наименование услуг	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория
2.1	Мойка запасного колеса	50	50	50	50
2.2	Чистка колесных дисков (один диск)	35	40	50	60
2.3	Чернение резины колес	120	120	150	200
2.4	Чернение бамперов/пластмассовых деталей кузова	140	160	180	200
2.5	Чистка хромированных деталей	80	100	130	150
2.6	Проверка давления в шинах/подкачка	20	20	20	20

гов — жидкое стекло. Рассмотренная программа способна обеспечить защиту лакокрасочного покрытия кузова автомобиля на срок от полугода до двух лет в зависимости от и интенсивности эксплуатации автотранспортного средства, при условии безаварийной езды.

Программа по уходу за дисками, резиной колес, пластиковыми и хромированными деталями обеспечивает долговечность работы перечисленных деталей автомобиля. Разработанная программа включает в себя ручную чистку колесных дисков, чернение резины колес, пластмассовых деталей кузова и пластиковых деталей салона, очистку хромированных деталей, мойку запасного колеса. Программа весьма эффективна при продаже автомобиля клиентом участка через комиссионный

Таблица 3

Программа по уходу за салоном автомобиля

Код №	Наименование услуг	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория
3.1	Влажная уборка салона	100	130	150	200
3.2	Мойка ковриков	50	50	60	60
3.3	Чистка салона пылесосом	100	120	150	200
3.4	Уборка багажного/грузового отсека	100	120	130	150
3.5	Полировка салона	250	300	350	400
3.6	Комплексная химчистка салона	2200	2450	2650	2900
3.6.1	Химчистка потолка	450	500	550	600
3.6.2	Химчистка пола	500	550	600	650
3.6.3	Химчистка сидений	650	750	850	950
3.6.4	Химчистка багажника	300	350	370	400
3.6.5	Химчистка обшивки дверей	500	600	700	800
3.7	Дезодорация салона	350	400	450	500
3.7.1	Дезодорация багажника/грузового отсека	100/250	120/300	150/350	170/350
3.8	Дезинфекция салона (озонирование)	900	1000	1100	1200
3.9	Дезинфекция багажника/грузового отсека	200/350	220/400	240/450	260/500
3.10	Обработка сидений антистатиком	300	330	360	390

Таблица 4

Программа по уходу за стеклами, фарами, зеркалами

Код №	Наименование услуг	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория
4.1	Чистка стекол очистителем	100	130	160	180
4.2	Чистка стекол кремообразной пастой	130	150	200	250
4.3	Обработка стекол средством от запотевания	80	100	120	150
4.4.1	Профилактическая полировка лобового стекла	250	300	400	450
4.4.2	Профессиональная полировка лобового стекла	550	600	700	750
4.5.1	Ремонт трещины на лобовом стекле (за 1 см)	50	50	60	60
4.5.2	Остановка трещины	550	550	600	600
4.6	Ремонт скола	Диаметр до 7 мм — 600 р., от 8 до 12 мм —700 р., от 13 до 16 мм — 800 р., от 17 мм и более — 900 р.			
4.7	Нанесение на стекла покрытия антидождь				
4.7.1	Лобовое стекло	350	400	450	500
4.7.2	Фары/зеркала	120/80	150/100	170/120	200/150
4.8	Бронирование оптики фар антигравийной пленкой 1 см^2	2,5	2,5	2,5	2,5

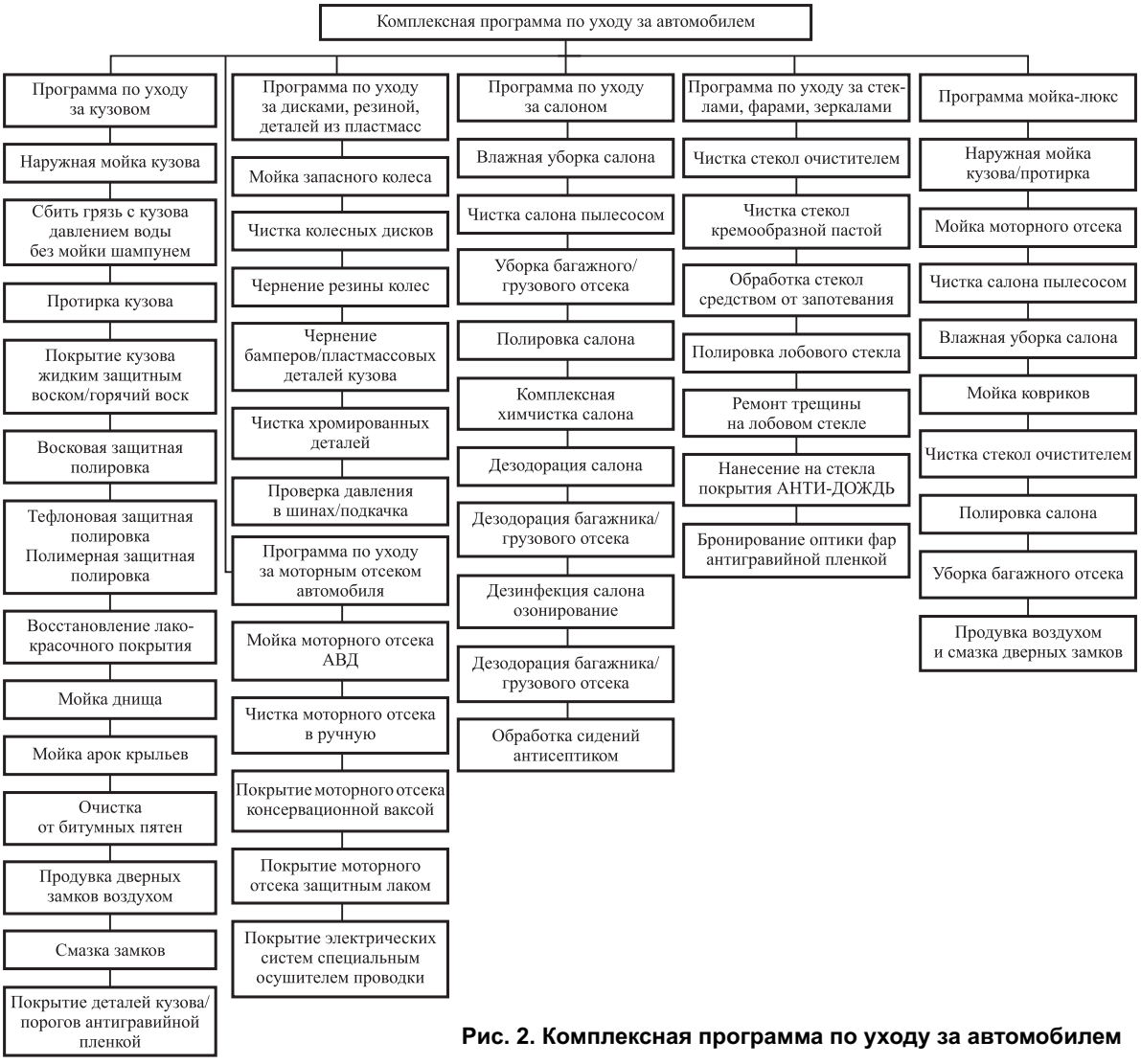

Рис. 2. Комплексная программа по уходу за автомобилем

Таблица 5

Программа по уходу за моторным отсеком автомобиля

Код №	Наименование услуг	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория
5.1	Мойка моторного отсека АВД	110	130	160	190
5.2.1	Чистка моторного отсека	90	120	140	160
5.2.2	Чистка моторного отсека вручную без применения АВД	300	350	400	450
5.3	Покрытие моторного отсека защитным лаком	150	180	220	250
5.4	Покрытие моторного отсека консервационной ваксой	100	120	150	180
5.5	Покрытие электрических систем специальным осушителем проводки	50	60	80	100

Таблица 6

Обслуживание по программе мойка-люкс

Код №	Наименование услуг	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория
6.1	Наружная мойка кузова (протирка)	230	260	300	350
6.1.1	Сбить грязь с кузова давлением воды без мойки шампунем	130	130	150	150
6.2	Мойка моторного отсека	200	250	300	350
6.3	Чистка салона пылесосом	100	120	150	200
6.4	Влажная уборка салона	100	130	150	200
6.5	Мойка ковриков	50	50	60	60
6.6	Чистка стекол очистителем	100	130	160	180
6.7	Полировка салона	250	300	350	400
6.8	Уход за кожаными сидениями				
6.9	Уборка багажного отсека	100	120	130	150
6.10	Продувка воздухом и смазка дверных замков	30	30	40	40

магазин при его последующей постановке на специализированной площадке. Так как автомобиль, который продается на специализированной площадке, не эксплуатируется, то диски и резина колес, а также пластиковые и хромированные детали кузова и салона длительное время остаются чистыми.

В программе по уходу за стеклами, фарами, зеркалами входит чистка стекол очистителем и кремообразной пастой, обработка стекол средством от запотевания, полировка лобового стекла. Клиенту участка при обнаружении трещин и сколов на лобовом стекле автомобиля может быть предложен ремонт либо локализация (остановка развития). Нанесение на лобовое стекло и стекла фар и зеркал покрытия антидождь. На внутреннюю поверхность лобового стекла по желанию клиента возможно нанесение покрытия антитуман. Возможно проведение бронирования оптики фар (увеличение ударной стойкости стекла фары) антигравийной пленкой.

В программу по уходу за салоном автомобиля входят влажная уборка салона, очистка салона пылесосом, уборка багажного (грузового) отсека, полировка обивки дверей и торпедо панели приборов. Клиентам участка доступна комплексная химчистка салона, которая может предлагаться по отдельным операциям, химчистка потолка, сидений, пола, багажника, обшивки дверей.

Таблица 7

Прайс-лист на услуги автомойки ООО "Мульти-Моторс"

Наименование работ	Стоимость обслуживания (в рублях)		
	1-я категория легковые автомобили малого и среднего класса	2-я категория джипы, минивены, автомобили представительского класса	3-я категория микроавтобусы типа Баргузин, Спринтер
Комплексная уборка (мойка кузова, резиновых ковриков, влажная уборка салона, пылесос, мойка стекол, уборка багажника)	350	450	650
Предпродажная подготовка (кузов, коврики, арки, диски, пылесос салона, багажник, резины, мойка подкапотного пространства, полировка салона)	700	800	1000
Ополаскивание	100	100	150
Бесконтактная мойка кузова	170	200	280
Мойка резиновых ковриков (шт.)	50	50	50
Мойка ворсовых ковриков (шт.)	70	70	70
Влажная уборка салона	70	100	150
Пылесос	40	50	100
Мойка стекол	50	70	120
Уборка багажника	40	50	100
Мойка ДВС и подкапотного пространства	150	200	250
Мойка радиатора (без разбора)	50	70	70
Мойка подвески	80	90	100
Мойка агрегатов	От 60		
Мойка колеса	От 30		
Мойка мотоцикла	От 100		
Удаление битума (1 дет.)	50	50	50
Химчистка, полировка			
Полная химчистка салона автомобиля	4000	4500	5500
Химчистка потолка	500	650	1000
Химчистка сидений (1 шт.)	450	500	500
Химчистка пола	600	750	1000
Химчистка дверей (1 шт.)	300	300	От 300
Химчистка торпеды	300	300	300
Протирка кожаного салона кондиционером	200	250	300
Полировка кузова	300	600	700
Полировка салона	100	140	От 180
Полировка панели	60	80	80

Таблица 8

Прайс-лист на услуги автомойки Кинап-Самара

№ п/п	Наименование услуг	Цены по категориям (в рублях)			
		1 категория	2 категория	3 категория	4категория
	Наружная мойка автомобиля				
1	Наружная мойка с протиркой (верх и дверные проемы)	220	260	300	350
2	Наружная мойка без протирки	200	200	250	250
3	Сбить АВД грязь	150	150	150	150
4	Мойка ковриков салона	60	60	60	60
5	Мойка колесных арок	100	100	100	100
6	Комплексная мойка (пп. 1, 4, 7, 9, 10)	450	550	600	700
	Салон автомобиля				
7	Влажная уборка салона	100	130	150	200
8	Влажная уборка панели	60	70	80	100
9	Уборка пылесосом пола, сидений, панелей дверей	110	130	160	200
10	Чистка стекол спец. средством	100	130	160	180
11	Уборка багажника	100	120	130	150
12	Полировка панели	120	140	160	180
13	Полировка салона	250	300	350	400
14	Химчистка пластика салона	300	320	400	450
15	Химчистка пола	450	500	550	600
16	Химчистка потолка	500	550	600	650
17	Химчистка сидений	650	750	850	950
18	Химчистка дверей	500	600	700	800
19	Химчистка багажника	300	350	370	400
20	Комплексная химчистка салона (пп. 15, 16, 17, 18, 19)	2500	2700	3000	3300
	Дополнительные услуги				
21	Мойка моторного отсека спец. жидкостью	200	250	300	350
22	Промывка радиатора АВД	100	100	100	100
23	Очистка битумных пятен, от насекомых и т.д. (за 1 деталь)	100	100	100	100
24	Заливка замков спец. жидкостью	50	50	50	50
25	Продувка дверных проемов, багажника, зеркал, решетки радиатора, номеров	150	150	150	150
26	Мойка запасного колеса (1 шт.)	50	50	50	50
27	Обработка резиновых уплотнителей силиконом	120	120	120	120
28	Чернение резины колес (комплект)	120	120	150	200
29	Покрытие воском кузова автомобиля	100	120	120	150
30	Кондиционер кожи салона	700	750	800	850
31	Кондиционер кожи сидений	500	530	570	610
32	Услуга по записи	200	200	200	200
33	Услуги парковщика	100	100	100	100

Примечание. 1 категория: легковые автомобили отечественного производства А, В классов и иномарки А класса.
2 категория: легковые автомобили импортного производства В, С классов, "Волга", "Нива" всех модификаций.
3 категория: легковые автомобили импортного производства представительского D класса, трехдверные джипы.
4 категория: минивэны, микроавтобусы и пятидверные джипы

Программа по уходу за моторным отсеком автомобиля реализуется посредством мойки моторного отсека с применением АВД и чистки моторного отсека вручную без применения АВД. Клиентам участка в качестве дополнительной услуги предлагается покрытие моторного отсека защитным лаком или консервационной ваксой, покрытие электрических систем моторного отсека специальным осушителем проводки.

Кроме стандартного технологического процесса мойки автомобиля, обслуживание по программе мойка-люкс включает в себя мойку моторного отсека, чистку салона пылесосом, влажную уборку салона, чистку стекол очистителем, полировку салона, уборку багажного отсека, продувку воздухом и смазку дверных замков.

Разработанная комплексная программа по уходу за автомобилем для участка уборочно-моечных работ показана на рис. 2.

Разработанную комплексную программу по уходу за автомобилем возможно отобразить в виде прайс-листа (см. табл. 1—6) участка уборочно-моечных работ. Таким образом, количество позиций в прайс-листе участка увеличивается в 2—2,5 раза по сравнению со стандартными прайс-листами автомоек (см. табл. 7, 8), например, компании ООО "Мульти-Моторс" и автомойка Кинап-Самара [3, 4], что в конечном счете скажется на увеличении выручки, а следовательно, и прибыли участка. Максимальное удовлетворение потребностей клиентов — одна из стратегических задач современного автосервиса. Как известно, правильная подача услуг — залог успешного бизнеса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Круцило В. Г., Плешивцев В. В., Карпов А. В.** Расчет и проектирование производственно-технической инфраструктуры автопредприятия: учебное пособие. Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Самарский гос. технический ун-т". Самара, 2007. 293 с.
2. **Митрохин Н. Н., Павлов А. П.** Утилизация и рециклинг автомобилей: учебное пособие. — М.: МАДИ, 2015. — 120 с.
3. **Прайс-лист** на услуги автомойки ООО "Мульти-Моторс" [Электронный ресурс]. http://multimotors63.ru/avtomoika/prais-list
4. **Цены** на услуги автомойки [Электронный ресурс]. http://avtomoika.kinup.ru/price.pdf

Бизнес-план перевыполнен

Лизинговая компания "КАМАЗ" по итогам девяти месяцев реализовала более 1230 грузовиков КАМАЗ, что на 52 % выше запланированного количества и на 53 % больше, чем было реализовано за аналогичный период прошлого года (АППГ).

Рекордным месяцем стал сентябрь: количество профинансированных автомобилей достигло 246 ед., что в 2 раза превышает АППГ. По словам директора по корпоративным финансам и финансовому сервису ПАО "КАМАЗ" Самата Саттарова, благодаря новой стратегии лизинговая компания рассчитывает реализовать в этом году более 1,7 тыс. грузовиков вместо запланированных 1,2 тыс. ед. "Также продолжается работа по перестройке бизнес-процессов компании, — отметил он. — Сокращается время оформления лизинговой сделки: срок рассмотрения заявки сейчас составляет всего один час, а окончательный ответ по сделке клиент может получить от одного до трех дней". Кроме того, ведется серьезная работа с дебиторской задолженностью для поддержания ее на безопасном для компании уровне. Отслеживаются все тендерные процедуры по закупке автотехники на территории страны, организуется участие в них, ведется плотная работа с госорганами по участию в национальных и региональных программах субсидирования отрасли.

Также компания запустила несколько новых интересных продуктов, в том числе "Экспресс-лизинг", а для повторных клиентов стартовала акция "Золотая сотня".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 656.13

А. Р. Асоян, д-р техн. наук, **Н. В. Орлов,** канд. техн. наук, **И. А. Лебедев,** аспирант,
И. А. Асоян, студент, СГТУ им. Гагарина Ю. А.
E-mail: asoyan.ar@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Рассмотрены вопросы использования водорода в двигателях внутреннего сгорания как добавки к основному топливу с целью ресурсосбережения топлива на нефтяной основе и снижения вредных выбросов в отработавших газах.
Предложено техническое решение, позволяющее генерировать водород на борту автомобиля, используя альтернативные источники энергии.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, водород, моторное топливо, электролизер, альтернативные источники тока.*

Discuss the use of hydrogen in internal combustion engines, as additives to the main fuel with the aim of resource conservation fuel oil based and reduce harmful emissions in the exhaust gases.
The proposed technical solution, allowing to generate hydrogen on Board the vehicle, using alternative energy sources.

Keywords: *internal combustion engine, hydrogen, motor fuel, electrolyzer, alternative sources of current.*

Работы по использованию водорода в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) ведутся давно. Патент на двигатель, работающий на смеси водорода с кислородом, был получен в Англии в 1841 г. Практическое применение отмечено в Германии в 1852 г.

В 30-е годы прошлого столетия в Советском Союзе работы в этом направлении велись исследователями В. И. Сороко-Новицким, А. К. Курениным, Ф. Б. Перельманом и др., в 70-е годы — в "НАМИ" под руководством Е. В. Шатрова, В. М. Кузнецова, А. Ю. Раменского.

Использовать водород в качестве моторного топлива было предложено в 1941 г. в блокадном Ленинграде. Техник-лейтенант Б. И. Шелищ предложил использовать водород, "отработавший" в аэростатах, как моторное топливо для двигателей автомобилей ГАЗ-АА, которые обеспечивали работу механических лебедок, опускающих аэростаты.

В 1982 г. на выставке "Электро-82" в Москве был представлен микроавтобус марки РАФ, на котором были смонтированы электрохимические генераторы и установлен электрический привод.

Крупные автомобильные корпорации, такие как Toyota, Audi, Honda, Ford, Nissan и др., постоянно ведут работы в этом направлении, однако практическая реализация разработок сопряжена с техническими трудностями и, судя по темпу их реализации, это дело не ближайшего будущего, в том числе и в нашей стране.

Основными факторами, затрудняющими использование водорода в качестве основного топлива для двигателей внутреннего сгорания, являются:

— высокие затраты на производство водорода (в 1,5—2 раза выше по сравнению с производством нефтяного топлива) [1];

— аккумулирование и хранение водорода;

— безопасность (взрывоопасность);

— отсутствие инфраструктуры, сети заправок водородным топливом и станций технического обслуживания;

— сложности с переводом на водород современных двигателей.

Из вышеописанного следует, что широкомасштабное применение водорода как основного топлива в двигателях внутреннего сгорания на сегодняшний день достаточно затруднительно.

Тем не менее существует принципиальная возможность постепенного использования водорода в двигателях внутреннего сгорания.

Наиболее перспективным (на данном этапе развития) является использование водорода как добавки к основному нефтяному топливу без конструктивных изменений в двигателе внутреннего сгорания, генерируя водород на борту автомобиля с альтернативными источниками энергии, исключая аккумулирование и хранение водорода.

Предлагаемое техническое решение позволяет получать электрическую энергию от альтернативных источников — солнечных элементов, пьезоэлементов, индукционных катушек — путем аккумулирования получаемой энергии в дополнительно установленном аккумуляторе и использования ее для работы электролизера без создания дополнительных нагрузок на двигатель внутреннего сгорания.

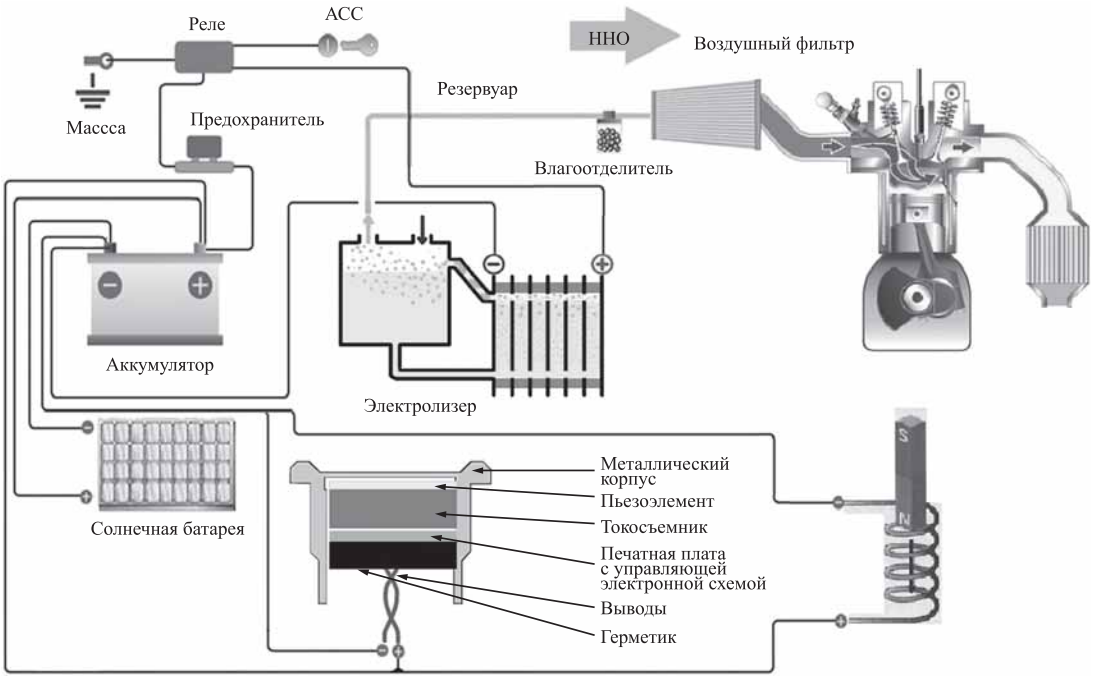

Схема подключения электролизера и источников энергии

Установка состоит из оборудования для получения водорода (электролизера) и его подачи в систему питания двигателя. Схема подключения электролизера и источников энергии представлена на рисунке.

От сгенерированной и аккумулированной энергии будет работать установленный в подкапотном пространстве электролизер, а получаемый газ (газ Брауна), без его аккумулирования и хранения, будет направляться во впускной коллектор двигателя.

В небольших концентрациях (5—20 %) водород, как добавка к топливно-воздушной смеси, качественно влияет на рабочий процесс ДВС. Энергия воспламенения водородно-воздушной смеси меньше, чем у топлив нефтяного происхождения, при этом она обладает большей скоростью сгорания с широкими пределами воспламенения. Водород, смешавшись с порцией попадающего в цилиндр воздуха, сгорая, эффективно поджигает смесь во всем объеме, благодаря чему сгорание рабочей смеси происходит практически полностью. Это позволяет снизить дозу основного топлива в заряде и сделать зажигание (впрыск) более поздним. Кроме того, добавка водорода приводит к значительному снижению вредных выбросов в отработавших газах (таблица).

Выброс вредных веществ при сгорании различных топлив [3]

Виды топлива	Выброс вредных веществ, г/км		
	CO	CH	NO_x
Бензин	42	8,5	9,1
Сжиженный нефтяной газ	19	4,8	8,7
Сжатый природный газ	8,5	4,5	8,5
Бензин в смеси с водородом	3	2,8	4,55
Метанол	28	4,6	4,4
Метанол в смеси с бензином	32	5,4	7,6
Метанол в смеси с синтез-газом (H_2 + CO)	5	2,5	3,5
Синтез-газ (H_2 + CO)	0	0,4	2,3
Водород	0	0	2,5

Анализ работ, проведенных по исследуемой тематике, подтверждает реальную техническую и экономическую возможность уже сегодня приступить к практическому использованию водорода в качестве добавки к основному топливу двигателей внутреннего сгорания с целью снижения расхода нефтяного топлива, снижения вредных выбросов в отработавших газах и улучшения экологической среды, особенно в крупных городах и мегаполисах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Коровин Н. В.** Электрохимическая энергетика. — М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. **Мищенко А. И.** Применение водорода для автомобильных двигателей. — Киев: Наукова Думка, 1984.
3. **Крутенев В. Ф., Каменев В. Ф.** Перспективы применения водородного топлива для автомобильных двигателей // Конверсия в машиностроении. — 1997. — № 6. — С. 73—79.
4. **Водородная энергетика** на автомобильном транспорте / Денисов А. С., Горшков Н. В., Родионов В. В. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. — 160 с.

УДК: 623:658.7

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

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ БАЗЫ ХРАНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРИКРЫТИЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Рассмотрен метод определения центра тяжести грузопотоков в системе распределения. Представлен метод определения местоположения базы хранения материалов в логистической системе обеспечения технического прикрытия объектов железных дорог.

Ключевые слова: *логистика, модель, база хранения строительных материалов и конструкций, центр тяжести.*

This article describes the method of determining the center of gravity of the cargo flows in the distribution system. The technique for determining the place of base storage of construction materials in the logistics system of technical cover of Railways objects.

Keywords: *logistics, model, base storage of construction materials and structures, the center of gravity.*

Одной из составляющих стратегии расчета уровня запасов строительно-восстановительных материалов и конструкций (далее — СМиК) в логистической системе технического прикрытия железных дорог военного округа является определение границ районов использования материальных баз хранения. В логистике данная задача решается на этапе организации складской системы для определения месторасположения (дислокации) складов в определенной территориальной зоне.

Количество объектов, которые могут потребовать восстановления (строительства) после их повреждения (разрушения), как правило, значительно превышает число материальных баз хранения. Подобные объекты могут быть расположены на разных ветках железнодорожной сети (рис. 1), на различных удалениях от материальных баз, а доставка запасов с баз может осуществляться в различных условиях.

Проблема определения места расположения склада приобретает актуальность при наличии развитой транспортной сети, так как в противном случае решение будет очевидным. Например, если на территории района есть только две пересекающиеся магистрали, вдоль которых расположены все поставщики и потребители материальных средств, то склад (распределительный центр), скорее всего, будет размещен на пересечении магистралей [1].

Рассмотрим задачу выбора места расположения склада для распределительной системы, включающей один склад. Методы построения мультискладских систем более сложные, но основаны на тех же принципах.

Основным, но не единственным фактором, влияющим на выбор места расположения склада, является размер затрат на доставку СМиК со склада. Затраты могут быть финансовые, материальные, временные и др. Минимизировать эти затраты можно путем применения известных в логистике моделей и методов. Один из них — метод определения центра тяжести грузопотоков с одинаковой интенсивностью доставки грузов.

Суть этого метода состоит в следующем: если склад разместить в точке района, которая соответствует точке центра тяжести грузопотоков, то транспортные расходы по распределению материального потока на территории района будут минимальны.

Применение данного метода имеет одно ограничение. На модели расстояние от пункта потребления материального потока до места размещения склада учитывается по прямой линии. В связи с этим моделируемый район должен иметь развитую сеть дорог, так как в противном случае будет нарушен основной принцип моделирования — принцип подобия модели и моделируемого объекта.

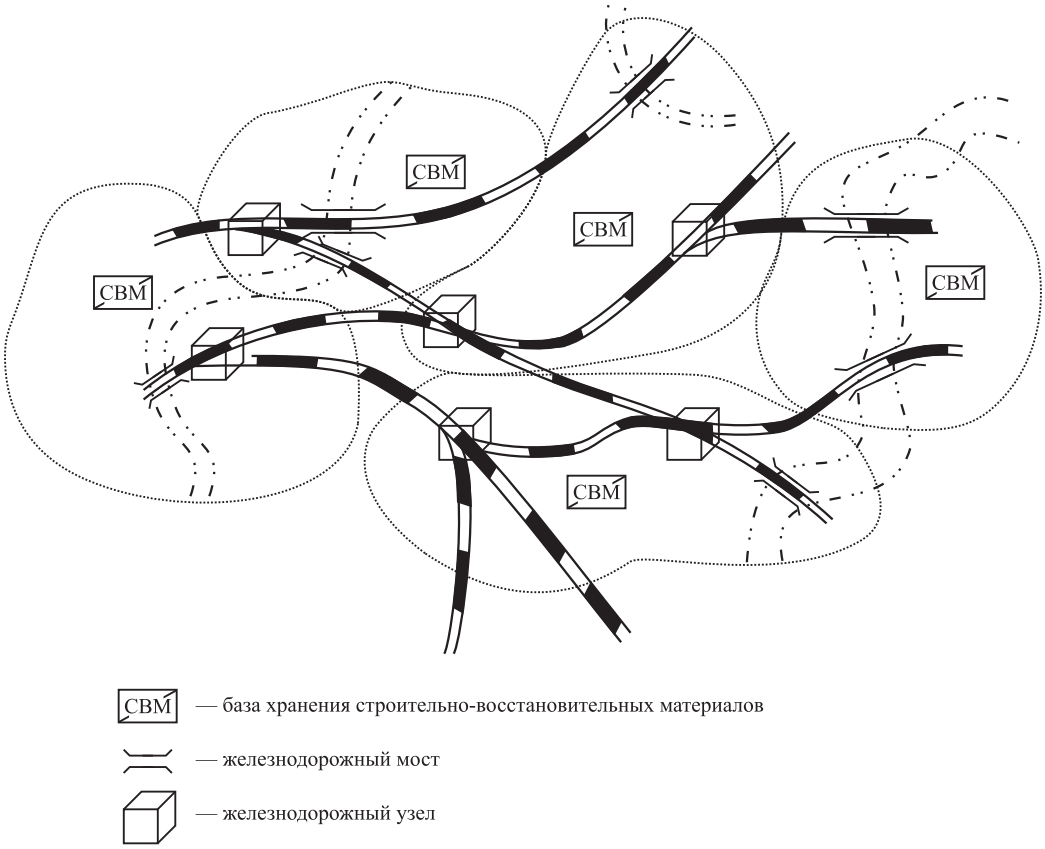

Рис. 1. Схема для определения границ районов использования баз хранения строительно-восстановительных материалов и конструкций

В качестве примера найдем место для размещения базы в распределительной системе, обслуживающей шесть потребителей (рис. 2).

Предположим, что все шесть потребителей являются объектами с предполагаемыми объемами разрушений (табл. 1). Нанесем на карту района обслуживания координатные оси и найдем координаты точек, в которых размещены потребители материального потока — объекты технического прикрытия.

Координаты центра тяжести ($x_М$, $y_М$) грузовых потоков, т. е. точки М, в которых может быть размещена база хранения СМиК, определяются по формулам:

$$x_М = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i^р x_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_i} = 8,4 \text{ км}; \qquad (1)$$

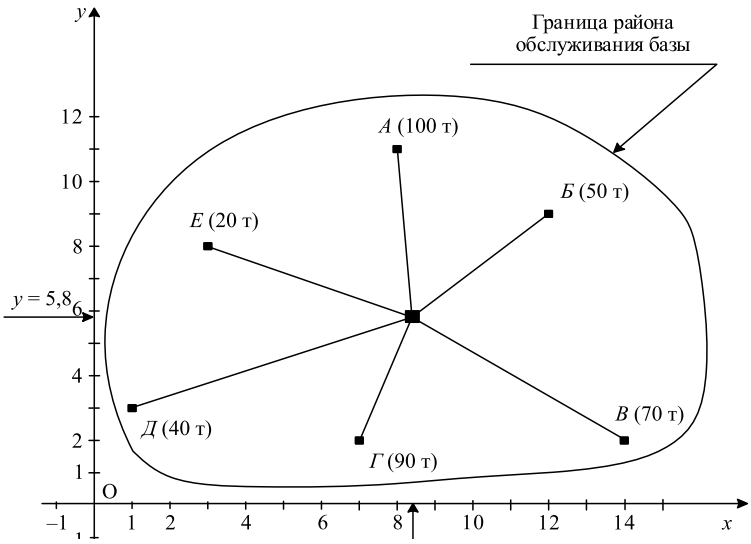

Рис. 2. Определение места расположения базы хранения материалов методом поиска центра тяжести грузовых потоков

$$x_{\text{М}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i^{\text{р}} y_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_i} = 5{,}8 \text{ км}, \qquad (2)$$

где $Q_i^{\text{р}}$ — объем разрушения i-го объекта, т; x_i, y_i — координаты i-го объекта, км; n — число объектов.

Расчет, выполненный по данным формулам, показывает, что база хранения СМиК должна быть размещена в точке с координатами x = 8,4 км; y = 5,8 км.

К достоинствам данной методики можно отнести ее простоту и универсальность, но также есть существенные недостатки, среди которых:

— не учитываются топографические особенности района обслуживания (расстояние от склада до объекта прикрытия рассчитывается по прямой линии);

— не учитываются вероятностные характеристики (вероятность разрушения объектов, приоритетность объектов, вероятность возникновения потребности в материалах).

Совершенствуя вышеизложенную методику и адаптируя ее под логистическую систему технического прикрытия железных дорог военного округа, введем в качестве исходных данных вероятностные характеристики объектов прикрытия (табл. 2).

Таблица 1

Объем разрушения и координаты объектов технического прикрытия

Объект	Объем разрушения объекта $Q_i^{\text{р}}$, т	x, км	y, км
А	100	8	11
Б	50	12	9
В	70	14	2
Г	90	7	2
Д	40	1	3
Е	20	3	8

Таблица 2

Вероятностные характеристики объемов восстановления объектов технического прикрытия

Объект	Вероятность разрушения объекта Pр	Вероятностные объемы восстановления объекта $Q_i^{\text{в}}$, т
А	0,4	40
Б	0,6	30
В	0,7	49
Г	0,6	54
Д	0,95	38
Е	0,5	10

В качестве ограничения введем, что значение вероятности возникновения потребности в материалах на объектах равно значению вероятности разрушения этих объектов. Вероятностные объемы восстановления объекта $Q_i^{\text{в}}$ учитывают объемы разрушения объектов $Q_i^{\text{р}}$ и вероятность разрушения этих объектов $P_{\text{р}}$. Значение $Q_i^{\text{в}}$ рассчитывается по формуле:

$$Q_i^{\text{в}} = Q_i^{\text{р}} P_{\text{р}}. \qquad (3)$$

Производим расчеты по определению координат базы хранения СМиК с учетом вероятностных объемов разрушения объектов по формулам (1), (2).

$$x_{\text{М}} = \frac{8 \cdot 40 + 12 \cdot 30 + 14 \cdot 49 + 7 \cdot 54 + 1 \cdot 38 + 3 \cdot 10}{221} = 8{,}2 \text{ км};$$

$$y_{\text{М}} = \frac{11 \cdot 40 + 9 \cdot 30 + 2 \cdot 49 + 2 \cdot 54 + 3 \cdot 38 + 8 \cdot 10}{221} = 5{,}0 \text{ км}.$$

Координаты нового местоположения базы хранения (x = 8,2 км; y = 5,0 км) показывают, что центр тяжести грузовых потоков сдвигается в сторону объекта технического прикрытия с наибольшим значением объема восстановительных работ, в нашем примере — к объекту Г.

На реальной местности точка территории, обеспечивающая минимум транспортной работы по доставке, в общем случае не совпадает с найденным на карте центром тяжести грузопотоков, но, как правило, находится где-то недалеко. Подобрать приемлемое место для склада позволит последующий анализ возможных мест размещения в окрестностях найденного центра тяжести.

Представленная методика не отображает влияние реальных топографических особенностей местности в районе обслуживания базы хранения СМиК на координаты дислокации базы. Результаты дальнейших исследований в этой области могут более точно скорректировать методику по выбору рационального места расположения объектов складского хозяйства в системе технического прикрытия железных дорог военного округа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гаджинский А. М.** Выбор места расположения склада: Справочник экономиста. Вып. 8. — М.: Профессиональное издательство, 2004. — С. 88—91.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.436

В. А. Марков, д-р техн. наук, профессор, МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: vladimir.markov58@yandex.ru,
С. Н. Девянин, д-р техн. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К. А. Тимирязева, e-mail: devta@rambler.ru,
Л. И. Быковская, канд. техн. наук, доцент, e-mail: lbykovskaya@yandex.ru,
И. Г. Маркова, старший преподаватель, **И. Н. Афтени,** магистр, МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: aftenivan@mail.ru

БИОГАЗ — ПЕРСПЕКТИВНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

Обоснована необходимость использования биотоплив в двигателях внутреннего сгорания. Рассмотрены виды биотоплив, используемых в бензиновых двигателях и дизелях. Показаны преимущества использования газообразных биотоплив. Представлена организация рабочего процесса дизеля на биогазе с запальной дозой метилового эфира рапсового масла. Проведен сравнительный анализ физико-химических свойств природного газа, биогаза, нефтяного дизельного топлива, метилового эфира рапсового масла. Представлены результаты экспериментальных исследований дизеля, работающего на биогазе с запальной дозой метилового эфира рапсового масла. Показана возможность улучшения экологических показателей дизеля при такой организации рабочего процесса дизеля.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, дизель, газодизель, нефтяное дизельное топливо, природный газ, биогаз, метиловый эфир рапсового масла, запальная доза топлива, показатели токсичности отработавших газов.*

Necessity of using biofuels in internal combustion engines is proved. Types of biofuels used in gasoline engines and diesel engines are considered. Advantages of using gaseous biofuels are shown. Organization of the working process of the diesel engine on biogas with ignition dose of rapeseed oil methyl ester is suggested. Comparative analysis of physicochemical properties of natural gas, biogas, petroleum diesel fuel, rapeseed oil methyl ester is carried out. Results of experimental research of the diesel engine running on biogas with ignition dose of rapeseed oil methyl ester are presented. An opportunity of improving the environmental characteristics of the diesel engine with such an organization of the diesel engine working process is shown.

Keywords: *internal combustion engine, diesel engine, gas-diesel engine, petroleum diesel fuel, natural gas, biogas, rapeseed oil methyl ester, ignition dose of fuel, indicators of toxicity of the exhaust gases.*

(Рисунки на 3-й и 4-й полосах обложки)

Направления и тенденции дальнейшего развития энергетики в значительной степени определяются ее обеспеченностью первичными энергетическими ресурсами и их экологическими характеристиками. В настоящее время в двигателях внутреннего сгорания используются, главным образом, топлива нефтяного происхождения. Для этих целей расходуется более 50 % общего количества добываемой нефти [1]. При этом следует отметить неизбежность постепенного истощения мировых запасов нефти, используемой в настоящее время для производства моторных топлив.

Данные рис. 1 свидетельствуют о том, что подтвержденные в настоящее время мировые запасы нефти превышают 1,2 триллиона баррелей. При современном уровне потребления энергоресурсов заметное истощение месторождений жидких ископаемых углеводородов может наступить уже в ближайшие 50—70 лет [2]. Повсеместная эксплуатация двигателей внутреннего сгорания, в первую очередь в транспортных энергетических установках, приводит к значительному загрязнению атмосферы вредными веществами, образующимися при сгорании нефтяных моторных топлив [3]. Это требует поиска новых экологиче-

ски чистых моторных топлив. Все эти факторы подтверждают необходимость постепенного замещения нефтяных моторных топлив альтернативными топливами, получаемыми из ненефтяных сырьевых ресурсов.

Среди альтернативных моторных топлив наиболее перспективными являются биотоплива, производимые из возобновляемых сырьевых ресурсов растительного и животного происхождения [2]. Эти биотоплива можно разделить на две большие группы — жидкие и газообразные моторные топлива. К наиболее распространенным жидким биотопливам можно отнести биоэтанол, используемый, в основном, как присадка к автомобильным бензинам, и биодизельные топлива, среди которых наибольшее применение нашел метиловый эфир рапсового масла. К газообразным биотопливам относятся биогаз, биоводород, различные генераторные (пиролизные) газы, получаемые путем газификации биомассы и твердых бытовых отходов.

Особенность использования газообразных биотоплив заключается в том, что они находятся в одном агрегатном состоянии с окислителем — воздухом. Это облегчает организацию смесеобразования, позволяет получить гомогенную топливовоздушную смесь, обеспечить ее полное сгорание. Предотвращается попадание топлива на стенки цилиндра и в моторное масло, что имеет место при использовании жидких топлив. Это позволяет снизить износ деталей двигателя и увеличить срок службы моторного масла. Но при переводе двигателей внутреннего сгорания на газообразные топлива в их конструкцию, как правило, необходимо внести дополнительные конструктивные изменения, связанные с необходимостью организации рабочего процесса двигателя, обеспечивающего требуемые показатели качества процессов самовоспламенения и сгорания этих топлив.

Среди газообразных моторных биотоплив следует выделить биогаз, для получения которого имеется обширная сырьевая база. Это отходы животноводства и растениеводства, пищевые отходы, твердые бытовые отходы. Биогаз представляет собой смесь газов, образующихся в процессе анаэробного разложения органических отходов (биомассы) под действием анаэробных микроорганизмов, называемых археями. Они включают метановые и метано-дрожжевые бактерии, совершающие биосинтез метана из углекислого газа и водорода. Характерными реакциями этого процесса являются:

— разложение муравьиной кислоты:

$$4HCOOH \rightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O;$$

— разложение уксусной кислоты:

$$2CH_3COOH \rightarrow CH_4 + 2CO_2;$$

— биосинтез метана:

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O.$$

Археи крайне чувствительны к изменяющимся условиям, поэтому создание жизнедеятельности метанобразующих бактерий влияет на интенсивность газовыделения. Процессы разложения биомассы и образования метана протекают в достаточно широком интервале температур (8...70 °С), при этом при определенных температурах в процессе сбраживания участвуют определенные виды бактерий. Среди режимов разложения биомассы выделяют психрофильный (8...20 °С), мезофильный (30...40 °С) и термофильный (45...60 °С) режимы. Более производительны мезофильный и термофильный режимы метанового сбраживания биологических отходов, однако термофильный режим требует дополнительных затрат для поддержания указанного температурного диапазона. При этом температура разложения биологических отходов влияет на состав получаемого биогаза. Сбраживание биомассы протекает во влажной среде при содержании 90...94 % воды на долю сухой массы.

Наиболее широко используется технология получения биогаза из отходов животноводства в специализированных устройствах (ферментерах-метатанках). Аналогичная технология используется для сбраживания пищевых отходов. Другая технология получения биогаза заключается в сборе так называемого свалочного мусора (твердых бытовых отходов — ТБО), процесс разложения которого протекает в нерегулируемом режиме. Эти технологии схематически представлены на рис. 2.

Состав и качество биогаза в значительной степени зависят от используемого исходного сырья, температурного режима ферментации и от скорости протекающих процессов. Сроки ферментации колеблются от 12 до 60 суток и сокращаются при повышении температуры сбраживания. В табл. 1 представлено сравнение состава биогаза, полученного при использовании различных отходов и различных технологий.

Содержание в составе биогаза сероводорода (H_2S), аммиака (NH_3), а также диоксид серы (SO_2), кремния (Si), некоторых других веществ и соединений препятствует прямому использова-

Таблица 1

Зависимость состава биогаза от технологии его получения

Компоненты биогаза	Происхождение биогаза		
	Газ пищевых метантанков	Газ сельскохозяйственных метантанков	Газ с полигонов ТБО (бурение на глубине 0,4...1,6 м)
Метан CH_4	60...65 %	55...75 %	10...58 %
Диоксид углерода CO_2	16...34 %	27...44 %	20...37 %
Азот N_2	0...3 %	0...3 %	4...65 %
Водород H_2	—	0,01...1,0 %	0...0,3 %
Монооксид углерода CO	—	0,01...0,02 %	—
Сероводород H_2S	—	До 1,0 %	—
Аммиак NH_3	—	До 300 мг/м^3	—
Монооксид азота NO	—	35 мг/м^3	—

нию биогаза (без очистки) в двигателях внутреннего сгорания. Эти загрязняющие компоненты могут стать причиной износа и коррозии деталей двигателя, поэтому содержание в биогазе указанных примесей должно быть ограничено.

Следует отметить, что газовые двигатели обычно создаются на базе серийно выпускаемых двигателей, работающих на жидком топливе. При конвертировании двигателей внутреннего сгорания к работе на газообразных топливах в качестве базовых двигателей могут быть использованы как бензиновые двигатели (двигатели с принудительным воспламенением рабочей смеси от свечи зажигания), так и дизельные двигатели (двигатели с воспламенением рабочей смеси от теплоты сжатия) [4, 5]. Биотоплива целесообразно сжигать в дизелях, отличающихся от двигателей с принудительным воспламенением рабочей смеси повышенными степенями сжатия ε и коэффициентами избытка воздуха α [4, 5]. Возможность применения того или иного топлива в качестве дизельного топлива определяется его физико-химическими свойствами. Свойства некоторых жидких и газообразных моторных топлив приведены в табл. 2.

Как следует из данных табл. 2, биогаз обладает высокой температурой самовоспламенения, что осложняет его использование в качестве газомоторного топлива для дизелей. Однако его воспламенение в камере сгорания (КС) дизеля возможно от запальной дозы высокоцетанового топлива, хорошо воспламеняющегося в КС дизеля. Обычно в газодизельном цикле в качестве основного топлива используется природный газ, а в качестве запального топлива — нефтяное дизельное топливо (ДТ). Для полного замещения нефтяных моторных топлив биотопливами целесообразным представляется использование в качестве запального топлива жидкого биотоплива — метилового эфира рапсового масла, имеющего более высокое цетановое число по сравнению с нефтяным дизельным топливом (соответственно 48 и 45 единиц, табл. 2). Такая организация рабочего процесса дизеля на биогазе с запальной дозой метилового эфира рапсового масла позволяет обеспечить надежное воспламенение низкоцетанового биогаза в КС дизеля и обеспечить полное замещение природного газа и нефтяного дизельного топлива биотопливами — биогазом и МЭРМ.

Метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ) получают путем прямой этерификации жирных кислот рапсового масла с метиловым спиртом (метанолом) при температуре +80...+90 °С в присутствии катализатора — гидроксида калия (едкого калия KOH) [6—8]. При этом из 1040 кг рапсового масла, 144 кг метанола и 19 кг гидроксида калия получают 1 т МЭРМ и 200 кг глицерина $C_3H_5(OH)$. Этерификация рапсового масла метиловым спиртом протекает по следующей реакции (рис. 3).

Для оценки параметров и характеристик дизеля с предложенной выше двухтопливной системой топливоподачи (биогаз и запальная доза МЭРМ) проведены исследования на экспериментальном стенде. Основным элементом экспериментального стенда являлся дизель Д-243 (4 Ч 11/12,5) производства Минского моторного завода (ММЗ),

Таблица 2

Физико-химические свойства моторных топлив

Физико-химические свойства	Топлива			
	газообразные		жидкие	
	природный газ	биогаз	ДТ	МЭРМ
Плотность газообразной фазы при 0 °С и 0,1 МПа, кг/м^3	0,72	1,17	—	—
Плотность жидкой фазы при 20 °С, кг/м^3	—	—	830	877
Теплота сгорания низшая, МДж/кг	49,9	34,8	42,5	37,8
Теплота сгорания низшая, МДж/ м^3	33,8	20,2	—	—
Цетановое число	3	0	45	48
Температура самовоспламенения, °С	550	650	250	230
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	17,2	12,0	14,3	12,7

Примечание. Природный газ содержит 95 % метана CH_4, остальное — этан C_2H_6, пропан C_3H_8, бутан C_3H_{10}, а также другие примеси; ДТ — дизельное топливо марки "Л" по ГОСТ 305—82 с условной формулой состава $C_{16,2}H_{28,5}$; МЭРМ — метиловый эфир рапсового масла с условной формулой состава $C_{20,2}H_{37,6}O_2$; представлены данные по биогазу, содержащему 70 % CH_4, 25 % CO_2, 1 % H_2, 1 % H_2S, 3 % других примесей (указано объемное содержание компонентов)

конвертированный на биогаз, воспламеняемый от запальной дозы МЭРМ. При создании экспериментального стенда использована серийно выпускаемая на ММЗ дизель-генераторная установка, вырабатывающая переменный электрический ток. В этой генераторной установке в качестве первичного двигателя использован упомянутый дизель 4 Ч 11/12,5. Для конвертирования этого двигателя на газовые топлива был разработан топливный насос высокого давления (ТНВД) с системой регулирования подачи газа и запального топлива. Эта система включает регулятор подачи жидкого топлива (МЭРМ), регулятор подачи биогаза и газовоздушный смеситель, установленный во впускной системе газодизеля.

Основными элементами экспериментального образца ТНВД с системой регулирования подачи биогаза и МЭРМ для дизель-генераторной установки являются корпус ТНВД, плунжерные пары, механический регулятор, рычаг переключения режимов работы двигателя "дизель-газодизель", двухступенчатый газовый редуктор, газовый электромагнитный клапан, коллектор каналов разгрузочной камеры газового редуктора, экономайзер газового редуктора, вакуумный корректор, всережимный газодизельный регулятор, дозатор биогаза, вакуумный корректор запальной дозы МЭРМ, рычаг ограничителя запальной дозы МЭРМ.

Исследуемый дизель без наддува 4 Ч 11/12,5 имел номинальную мощность N_e = 36 кВт при частоте вращения коленчатого вала n = 1500 мин$^{-1}$. Некоторые параметры дизеля приведены в табл. 3. Как отмечено выше, в этом двигателе основным топливом являлся биогаз, подаваемый через впускную систему двигателя в его цилиндры. Воспламенение биогаза в КС происходило от запальной дозы МЭРМ, впрыскиваемого в цилиндры штатной системой топливоподачи.

В состав дизель-генераторной установки входил также электрический генератор переменного тока типа ECO-ECP производства фирмы RINA (Италия). При экспериментальных исследованиях вырабатываемая электрогенератором электроэнергия потреблялась тремя тепловентиляторами, максимальная мощность каждого из которых составляет 12 кВт (эти тепловентиляторы могут также работать с электрической нагрузкой, равной 6 кВт). Таким образом, возможна реализация шести нагрузочных режимов с эффективной мощностью 0 кВт (режим холостого хода), 6, 12, 18, 24, 30 и 36 кВт (режим максимальной мощности).

Таблица 3

Основные конструктивные и эксплуатационные параметры дизеля типа 4 Ч 11/12,5, работающего на биогазе с запальной дозой МЭРМ

Параметры	Значение
Тип двигателя	Четырехтактный, рядный, дизельный
Число цилиндров	4
Диаметр цилиндра D, мм	110
Ход поршня S, мм	125
Общий рабочий объем iV_h, л	4,32
Степень сжатия ε	16,0
Тип камеры сгорания, способ смесеобразования	Камера сгорания типа ЦНИДИ (Центральный научно-исследовательский дизельный институт), объемно-пленочное смесеобразование
Система наддува	Дизельный двигатель не оснащен системой наддува
Номинальная частота вращения n, мин$^{-1}$	1500
Номинальная мощность N_e, кВт	36
Механизм газораспределения	Клапанного типа с верхним расположением клапанов
Система охлаждения	Водяная, принудительная
Система смазки	Принудительная, с разбрызгиванием
Фильтр масляный	Сетчатый
Насос масляный	Шестеренчатый
Система питания	Разделенного типа
Топливный насос высокого давления (ТНВД)	Рядный типа PP4M10U1f фирмы Motorpal с центробежным регулятором
Диаметр плунжеров ТНВД $d_{пл}$, мм	10
Ход плунжеров ТНВД $h_{пл}$, мм	10
Длина нагнетательных топливопроводов $L_т$, мм	540
Форсунки	Типа ФДМ-22 производства ОАО "Куроаппаратура" (г. Вильнюс)
Распылители форсунок	Фирмы Motorpal типа DOP 119S534 с пятью сопловыми отверстиями диаметром $d_р$ = 0,34 мм и проходным сечением $\mu_р f_р$ = 0,250 мм^2
Давление начала впрыскивания форсунок $p_{фо}$, МПа	21,5

Исследования проведены в нормальных климатических условиях при температуре окружающего воздуха (20 ± 10) °С, относительной влажности воздуха от 45 до 80 % и атмосферном давлении от 630 до 800 мм рт. ст. (от 84 до 107 кПа). При экспериментах определялись эффективная мощность двигателя N_e и частота вращения коленчатого вала n, расходы воздуха, жидкого и газообразного топлива, некоторые дополнительные параметры, необходимые для вычисления показателей топливной экономичности двигателя, показатели дымности и токсичности его отработавших газов (ОГ), а также ряд ограничительных параметров. Дымность ОГ измерялась с помощью дымомера "Инфракар Д1.01" предприятия "Западприбор" (г. Москва) с погрешностью измерения

±1 %. Концентрации в ОГ нормируемых токсичных компонентов (оксидов азота NO_x, монооксида углерода CO, легких несгоревших углеводородов CH_x) определялась газоанализатором "Инфракар 5М-3.01" предприятия "Западприбор" (г. Москва) с погрешностями измерения указанных компонентов ±1 %.

Дизель 4 Ч 11/12,5 на моторном стенде исследован на режимах предельной регуляторной характеристики, формируемой регулятором при частоте вращения коленчатого вала n = 1500 мин$^{-1}$, которые являются штатными режимами дизель-генераторной установки, вырабатывающей переменный электрический ток. Этот ток удовлетворял требованиям, предъявляемым к электрическому току промышленных сетей. Наклон регуляторной характеристики (ее степень неравномерности δ) исследуемого дизеля был равен δ = 3,7 %, что приводило к увеличению частоты вращения коленчатого вала с ее номинального значения (примерно равного n = 1500 мин$^{-1}$ на режиме с полной нагрузкой N_e = 36 кВт) до уровня, примерно равного n = 1550 мин$^{-1}$ на режиме холостого хода (N_e = 0 кВт). При испытаниях угол опережения впрыскивания топлива был установлен равным θ = 13° поворота коленчатого вала (п.к.в.) до верхней мертвой точки (ВМТ).

При испытаниях дизеля исследована его работа как в чисто дизельном цикле (работа только на нефтяном дизельном топливе), так и в газодизельном цикле (работа на биогазе с запальной дозой МЭРМ). Исследован биогаз, полученный в Российском государственном аграрном университете — МСХА им. К. А. Тимирязева в метантанке из отходов сельскохозяйственного производства (из навоза крупного рогатого скота), и МЭРМ, полученный в этом же университете. Свойства этих топлив приведены в табл. 2. Двухтопливный газодизельный цикл реализован с целью надежного воспламенения биогаза в условиях КС дизеля, что вызвано худшей самовоспламеняемостью биогаза по сравнению с нефтяным ДТ (их температуры самовоспламенения равны соответственно 650 и 250 °С, а цетановые числа — 0 и 45 ед., см. табл. 2). При конвертации дизеля на биогаз разработанный регулятор ТНВД поддерживал примерное постоянство часового расхода запального МЭРМ на уровне 1,93 кг/ч (табл. 4 и рис. 4), т. е. примерное постоянство запальной дозы МЭРМ на уровне $q_ц$ = 12,2 мм^3.

В связи с примерным постоянством часового расхода запального топлива (МЭРМ) на уровне $G_{мэрм}$ = 1,93 кг/ч во всем диапазоне исследованных нагрузочных режимов на режиме холостого хода (при N_e = 0 кВт и n = 1515 мин$^{-1}$) в двигатель подавался только запальный МЭРМ, а расход биогаза был равен $G_{бг}$ = 0, см. табл. 4). При увеличении нагрузки расход биогаза увеличивался. На режиме с полной нагрузкой (при N_e = 33,7 кВт и n = 1434 мин$^{-1}$) подача биогаза была максимальной и равной $G_{бг}$ = 9,00 кг/ч, а часовой расход запального МЭРМ составил $G_{дт}$ = 1,92 кг/ч. В результате на режиме максимальной мощности подача запального МЭРМ оказалась равной 17,6 % общей подачи (часового расхода) жидкого и газообразного топлив $G_{топл_\Sigma}$ (на режиме максимальной мощности $G_{топл_\Sigma} = G_{мэрм} + G_{бг}$ = 10,92 кг/ч). Реализуемое разработанной системой регулирования уменьшение подачи биогаза по мере снижения нагрузки (при примерном постоянстве дозы запального МЭРМ) повышает устойчивость и эффективность работы двигателя на режимах малых нагрузок и холостого хода.

По представленным в табл. 4 и на рис. 4 значениям часовых расходов воздуха $G_{возд}$, дизельного топлива $G_{дт}$, запального МЭРМ $G_{дэрм}$ и биогаза $G_{бг}$ определены значения коэффициента избытка воздуха α для дизельного и газодизельного циклов работы исследуемого дизеля. При этом использованы общепринятые формулы расчета этого коэффициента [2, 9, 10]. Для дизельного цикла коэффициент избытка воздуха α определялся по выражению:

$$\alpha = \frac{G_{возд}}{l_{о\ дт} G_{дт}},$$

а при исследованиях газодизельного цикла для расчета коэффициента избытка воздуха использовано следующее соотношение:

$$\alpha = \frac{G_{возд}}{l_{о\ мэрм} G_{мэрм} + l_{о\ бг} G_{бг}},$$

где $G_{возд}$, $G_{дт}$, $G_{мэрм}$ и $G_{бг}$ — часовые расходы воздуха, ДТ, МЭРМ и биогаза, кг/г; $l_о = L_о \mu_в$ — количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг воздуха/кг топлива (для ДТ $l_{о\ дт}$ = 14,3; для МЭРМ $l_{о\ мэрм}$ = 12,7; для биогаза $l_{о\ бг}$ = 12,0); $\mu_в$ = 28,93 — молекулярная масса воздуха. Количество воздуха $L_о$ [кг воздуха/кг топлива], необходимое для сгорания 1 кг топлива, определялось в виде:

$$L_о = \frac{1}{0,21}(C/12 + H/4 - O/32),$$

где C, H и O — массовые доли атомов углерода, водорода и кислорода в молекулах топлива.

Таблица 4

Часовые расходы воздуха $G_{возд}$, нефтяного ДТ $G_{дт}$, МЭРМ $G_{мэрм}$ и биогаза $G_{бг}$, температур воздуха во впускном коллекторе $t_{возд\ вп}$ и охлаждающего воздуха генератора $t_{возд\ ген}$, коэффициента избытка воздуха α дизеля 4 Ч 11/12,5

Дизельный цикл								
№ режимов	n, мин$^{-1}$	N_e, кВт	$G_{дт}$, кг/ч	$G_{бг}$, кг/ч	$G_{возд}$, кг/ч	$t_{возд\ вп}$, °С	$t_{возд\ ген}$, °С	α
1	1450	34,4	9,33	—	185	32,0	28	1,39
2	1473	28,8	7,45	—	195	29,0	26	1,83
3	1491	23,2	6,03	—	198	27,2	24	2,30
4	1509	15,4	4,35	—	200	34,7	30	3,22
5	1520	7,7	2,82	—	202	35,2	30	5,01
6	1557	0	1,50	—	204	33,4	30	9,51
Газодизельный цикл								
№ режимов	n, мин$^{-1}$	N_e, кВт	$G_{мэрм}$, кг/ч	$G_{бг}$, кг/ч	$G_{возд}$, кг/ч	$t_{возд\ вп}$, °С	$t_{возд\ ген}$, °С	α
1	1434	33,7	1,92	9,00	174	37,6	35	1,31
2	1440	28,5	1,92	6,83	182	36,6	33	1,70
3	1455	23,5	1,93	5,27	190	33,6	30	2,16
4	1475	15,6	1,94	3,17	194	32,5	29	3,05
5	1490	7,9	1,93	1,44	198	34,2	31	4,70
6	1515	0	1,92	—	200	33,0	30	8,43

Рассчитанные значения коэффициента избытка воздуха α (см. табл. 4 и рис. 4) свидетельствуют о том, что при увеличении нагрузки на дизель (при росте эффективной мощности N_e) коэффициент избытка воздуха монотонно уменьшается. Минимальные значения α соответствуют режиму максимальной мощности. При реализации газодизельного цикла это минимальное значение α = 1,31 соответствует режиму с N_e = 33,7 кВт при n = 1434 мин$^{-1}$. Необходимо также отметить, что в газодизельном цикле возможна работа с меньшими значениями коэффициента избытка воздуха α, поскольку основное топливо — биогаз — находится в одном агрегатном состоянии с окислителем — воздухом. Это облегчает организацию процесса смесеобразования в газодизельном цикле.

На основании полученных при испытаниях значений расходов нефтяного ДТ МЭРМ и биогаза, а также мощностных показателей исследуемого дизеля определены показатели его топливной экономичности. При этом общий удельный эффективный расход топлива $g_{e общ}$ дизеля проводился с учетом полученных при экспериментах часовых расходов дизельного топлива $G_{дт}$, МЭРМ $G_{мэрм}$ и биогаза $G_{бг}$, а также эффективной мощности двигателя N_e по формуле:

$$g_{e\,общ} = \frac{G_{мэрм} + G_{бг}}{N_e}.$$

Приведенные в табл. 5 и на рис. 5 данные свидетельствуют о том, что при реализации газодизельного цикла общий удельный эффективный расход топлива $g_{e общ}$ оказался выше, чем в чисто дизельном цикле. Это объясняется пониженной теплотворной способностью биогаза и запального МЭРМ по сравнению с нефтяным ДТ — низшая теплота сгорания этих топлив равна 42,5 МДж/кг у нефтяного ДТ; 34,8 МДж/кг у биогаза и 37,8 МДж/кг у МЭРМ, см. табл. 2).

На режимах холостого хода (при N_e = 0) значения общего удельного эффективного расхода топлива $g_{e\,общ}$ стремятся к бесконечности, поскольку крутящий момент на выходном валу дизеля стремится к нулю. По данным рис. 5 можно отметить наличие минимума удельного эффективного расхода $g_{e\,общ}$ на режимах с эффективной мощно-

Таблица 5

Общий удельный эффективный расход топлива $g_{e\,общ}$, суммарная низшая теплота сгорания МЭРМ и биогаза H_{U_Σ}, эффективный КПД η_e, дымности ОГ K [м$^{-1}$] и K_X [% по шкале Хартриджа] дизеля 4 Ч 11/12,5

Дизельный цикл							
№ режимов	n, мин$^{-1}$	N_e, кВт	g_e, г/(кВч·ч)	H_U, МДж/кг	η_e	K, м$^{-1}$	K_X, % (Хартридж)
1	1450	34,4	271,2	42,5	0,312	1,979	57,3
2	1473	28,8	258,7	42,5	0,327	0,294	11,9
3	1491	23,2	259,9	42,5	0,326	0,094	4,0
4	1509	15,4	282,5	42,5	0,300	0,068	2,9
5	1520	7,7	366,2	42,5	0,231	0,04	1,8
6	1557	0	—	42,5	—	0,03	1,3
Газодизельный цикл							
№ режимов	n, мин$^{-1}$	N_e, кВт	$g_{e\,общ}$, г/(кВч·ч)	H_{U_Σ}, МДж/кг	η_e	K, м$^{-1}$	K_X, % (Хартридж)
1	1434	33,7	324,0	35,3	0,315	0,211	8,7
2	1440	28,5	307,0	35,4	0,331	0,110	4,9
3	1455	23,5	306,4	35,6	0,330	0,090	3,8
4	1475	15,6	329,8	35,9	0,306	0,068	2,8
5	1490	7,9	426,5	36,5	0,231	0,04	1,7
6	1515	0	—	37,8	—	0,03	1,2

стью N_e = 23...28 кВт. Этот минимум, характерный и для дизельного, и для газодизельного циклов, соответствует наибольшей эффективности процесса сгорания на указанных нагрузочных режимах. Наименьший удельный эффективный расход топлива g_e = 258,7 г/(кВт·ч) соответствует режиму дизельного цикла с эффективной мощностью N_e = 28,8 кВт при n = 1473 мин$^{-1}$.

Необходимо отметить, что рассматриваемый показатель топливной экономичности двигателя $g_{e\,общ}$ не учитывает различной теплотворной способности используемых топлив. Поэтому для сравнительной оценки эффективности процесса сгорания в дизельном и газодизельном цикла предпочтительнее использовать эффективный КПД дизеля η_e, в формулу для определения которого входит низшая теплота сгорания указанных топлив, а также их смесей.

При реализации газодизельного цикла суммарная теплота сгорания смеси H_{U_Σ} подаваемых в камеру сгорания топлив определялась с учетом часовых расходов МЭРМ $G_{МЭРМ}$ и биогаза $G_{бг}$ [кг/ч] и их теплотворной способностью по соотношению:

$$H_{U_\Sigma} = \frac{G_{бг}}{G_{топл_\Sigma}} H_{U_{бг}} + \frac{G_{мэрм}}{G_{топл_\Sigma}} H_{U_{МЭРМ}},$$

где $G_{топл_\Sigma}$ — общий часовой расход биогаза и МЭРМ, кг/ч; $H_{U_{бг}}$ и $H_{U_{МЭРМ}}$ — низшая теплота сгорания этих топлив, МДж/кг (низшая теплота сгорания — количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании, без учета теплоты конденсации водяного пара, содержащегося в рабочей смеси).

При обработке результатов экспериментальных исследований расчет эффективного КПД η_e дизеля проводился с учетом различной теплотворной способности используемых топлив по выражению

$$\eta_e = \frac{3,6 N_e}{H_{U_\Sigma}\left(G_{бг} + G_{мэрм}\right)}$$

или по формуле

$$\eta_e = \frac{3600}{H_{U_\Sigma}\ g_{e\,общ}}.$$

Рассчитанные в соответствии с представленной методикой значения эффективного КПД η_e представлены в табл. 5 и на рис. 5. На режимах холостого хода (при $N_e = 0$) эффективный КПД дизеля η_e стремится к нулю. По мере увеличения нагрузки эффективный КПД η_e повышается и при эффективной мощности $N_e = 23...28$ кВт достигает своего максимума. Наибольший эффективный КПД двигателя $\eta_e = 0{,}331$ соответствует режиму газодизельного цикла с эффективной мощностью $N_e = 28{,}5$ кВт при $n = 1440$ мин$^{-1}$.

Полученные данные по показателям топливной экономичности (общему удельному эффективному расходу топлива $g_{e\ общ}$ и эффективному КПД η_e) свидетельствуют о том, что по эффективности процесса сгорания дизельный и газодизельный циклы исследуемого дизеля достаточно близки друг к другу. Причем на режимах с малыми нагрузками (до $N_e = 11...12$ кВт) более экономичен дизельный цикл, а на режимах с большими нагрузками (при N_e выше 12 кВт) предпочтителен газодизельный цикл. Это объясняется сравнительно невысоким качеством процесса смесеобразования в газодизельном цикле при низких нагрузках и улучшением качества этого процесса в газодизельном цикле на режимах с высокой нагрузкой.

Полученные экспериментальные данные по показателям дымности ОГ исследуемого дизеля 4 Ч 11/12,5 (см. табл. 5 и рис. 5) показывают, что использование газообразного топлива — биогаза, в котором отсутствуют высокомолекулярные углеводороды и имеет место лучшее качество процесса смесеобразования, приводит к заметному уменьшению выброса углерода С (снижению дымности ОГ). При этом на режимах с малыми и средними нагрузками (при N_e ниже 23...24 кВт) дымность ОГ в дизельном и газодизельном циклах соизмерима. Это обусловлено значительным избытком кислорода в рабочей смеси — большими значениями коэффициента избытка воздуха — $\alpha > 2$. На режимах с высокими нагрузками начинает сказываться недостаток кислорода в рабочей смеси, поэтому в газодизельном цикле на режимах с высокой нагрузкой отмечается существенное снижение дымности ОГ по сравнению с дизельным циклом. На режиме с полной нагрузкой (при $N_e = 33{,}7...34{,}4$ кВт) отмечена наибольшая дымность ОГ — в дизельном цикле $K_X = 57{,}3$ % по шкале Хартриджа, а в газодизельном цикле $K_X = 8{,}7$ % по шкале Хартриджа. Таким образом, на этом режиме переход от дизельного цикла к газодизельному приводит к снижению дымности ОГ примерно в 6,6 раза.

Указанный переход от дизельного к газодизельному циклу оказывает влияние и на содержание в ОГ и других компонентов (табл. 6 и рис. 6). Эти показатели также в значительной степени зависят от нагрузки на двигатель — от его эффективной мощности N_e.

При переходе от дизельного цикла к газодизельному отмечается уменьшение концентрации кислорода C_{CO_2} в ОГ дизеля 4 Ч 11/12,5 (см. табл. 6 и рис. 6). Это связано с меньшим расходом воздуха в газодизельном циле, поскольку часть воздуха рабочей смеси замещается биогазом (см. табл. 4 и рис. 4). По этой же причине переход от дизельного цикла к газодизельному сопровождается увеличением содержания диоксида углерода C_{CO_2} в ОГ дизеля 4 Ч 11/12,5. Причем с ростом нагрузки (увеличением количества подаваемого топлива) концентрация C_{CO_2} в ОГ монотонно увеличивается.

Полученные экспериментальные данные по дизелю 4 Ч 11/12,5 показывают, что при увеличении нагрузки на двигатель (до нагрузки, соответствующей $N_e = 28...29$ кВт) наблюдается рост концентрации в ОГ основного газообразного токсичного компонента — оксидов азота C_{NO_x} (см. табл. 6 и рис. 6). В газодизельном цикле увеличение нагрузки от $N_e = 0$ кВт (режим холостого хода) до $N_e = 28{,}7$ кВт (режим максимальной мощности) приводит к росту содержания оксидов азота в ОГ C_{NO_x} со 151 до 1120 *ppm*. В этом же диапазоне увеличения нагрузки в дизельном цикле концентрация оксидов азота в ОГ возрастает со 196 до 1284 *ppm*. В обоих циклах дальнейшее увеличение нагрузки приводит к небольшому снижению C_{NO_x}. В целом необходимо отметить тенденцию меньшего содержания оксидов азота в ОГ в газодизельном цикле по сравнению с дизельным циклом. Это связано с лучшим качеством процесса смесеобразования и более гомогенной рабочей смесью в этом цикле, поскольку газообразное топливо (биогаз) и окислитель (воздух) находятся в одном агрегатном состоянии — газообразном, что облегчает смешение этих компонентов.

Следует отметить, что для газодизельного цикла исследуемого дизеля характерно повышенное содержание в ОГ продуктов неполного сгорания топлива — монооксида углерода СО и легких несгоревших углеводородов CH_x (см. табл. 6 и рис. 6). Повышенная эмиссия первого их этих токсичных компонентов ОГ обусловлена более высокими температурами сгорания в газодизельном цикле и наличием в камере сгорания высокотемпературных зон, в которых химическое равновесие реакции

$$CO + O \leftrightarrow CO_2$$

Таблица 6

Объемные концентрации в ОГ кислорода C_{O2}, углекислого газа (диоксида углерода) C_{CO2}, оксидов азота C_{NOx}, монооксида углерода C_{CO}, легких несгоревших углеводородов C_{CHx} дизеля 4 Ч 11/12,5

№ режимов	n, мин$^{-1}$	N_e, кВт	C_{O_2}, %	C_{CO_2}, %	C_{NO_x}, *ppm*	C_{CO}, *ppm*	C_{CH_x}, *ppm*
Дизельный цикл							
1	1446	34,6	6,11	10,76	1112	819	64
2	1464	28,6	8,98	8,47	1284	487	102
3	1485	23,2	11,25	6,82	1168	395	123
4	1503	15,7	13,86	4,92	740	364	146
5	1516	7,9	16,07	3,34	371	380	162
6	1557	0	17,41	2,01	196	431	181
Газодизельный цикл							
1	1434	34,5	5,51	11,35	950	1158	93
2	1449	28,7	8,29	9,09	1120	764	160
3	1462	23,4	10,62	7,36	1008	641	224
4	1479	15,5	13,31	5,22	557	578	264
5	1491	7,5	15,65	3,12	215	549	219
6	1505	0	17,96	1,88	151	526	193

Примечание. Для C_{O_2} и C_{CO_2} указано их объемное процентное содержание в ОГ; *ppm* — миллионные объемные доли C_{NO_x}, C_{CO}, C_{CH_x}

смещено в сторону диссоциации диоксида углерода CO_2 с образованием монооксида углерода CO и кислорода O_2. Рост выброса несгоревших углеводородов CH_x в газодизельном цикле объясняется тем, что основной компонент биогаза — метан, оказывающийся в низкотемпературных зонах камеры сгорания дизеля (в ее пристеночных слоях), не сгорает полностью и остается в ОГ.

В целом анализ характеристик выбросов токсичных компонентов ОГ исследуемого дизеля показал, что при его переводе с дизельного цикла на газодизельный отмечено заметное улучшение его экологических показателей. В газодизельном цикле имело место значительное снижение выбросов двух основных токсичных компонентов ОГ — оксидов азота и сажи (дымности ОГ). Одновременно отмечено увеличение выбросов двух других нормируемых токсичных компонентов ОГ — монооксида углерода CO и несгоревших углеводородов CH_x. При этом токсикологическая значимость монооксида углерода CO, оксидов азота NO_x, несгоревших углеводородов CH_x и сажи (твердых частиц) оценивается как отношение 1:41,1:3;16:200 [3, 11]. Также следует отметить, что отмеченный при испытаниях дизеля 4 Ч 11/12,5 рост выбросов монооксида углерода CO и несгоревших углеводородов CH_x в газодизельном цикле по сравнению с обычным дизельным циклом может быть легко устранен путем установки в выпускной системе двигателя каталитического нейтрализатора, эффективно очищающего ОГ от содержащихся в них CO и CH_x [3, 5, 12].

Проведенные экспериментальные исследования еще раз подтвердили перспективность использования биогаза для питания дизельного двигателя. При его применении в качестве моторного топлива целесообразна реализация газодизельного цикла, в котором биогаз воспламеняется от запальной дозы высокоцетанового топлива. В качестве такого топлива может быть использован метиловый эфир рапсового масла, обладающий лучшей по сравнению с нефтяным дизельным топливом воспламеняемостью в условиях камеры сгорания дизеля (его цетановое

число равно 48 ед., а у нефтяного ДТ оно равно 45 ед.). При реализации такого двухтопливного цикла можно полностью отказаться от топлив, получаемых из ископаемых сырьевых ресурсов (нефть и природный газ), и заместить их возобновляемыми биотопливами.

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., Девянин С. Н., Зыков С. А., Гайдар С. М.** Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания. — М.: НИЦ "Инженер", 2016. — 292 с.
3. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 376 с.
4. **Двигатели внутреннего сгорания:** Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / В. П. Алексеев, В. Ф. Воронин, Л. В. Грехов и др.; под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. — М.: Машиностроение, 1990. — 288 с.
5. **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.
6. **Использование** растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. Г. Семенов и др. — М.: НИЦ "Инженер", 2011. — 536 с.
7. **Паронян В. Х.** Технология жиров и жирозаменителей. — М.: Изд-во "ДеЛи принт", 2006. — 760 с.
8. **Myo T.** The Effect of Fatty Acid Composition on the Combustion Characteristics of Biodiesel (A Dissertation Submitted to the Graduate School of Science and Engineering In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Engineering). — Japan: Kagoshima University, 2008. — 171 p.
9. **Девянин С. Н., Чумаков В. Л., Марков В. А.** Биогаз — альтернативное топливо для дизелей // Транспорт на альтернативном топливе. — 2012. — № 2. — С. 68—73.
10. **Марков В. А., Девянин С. Н., Шимченко С. П.** Экспериментальные использования дизель-генераторной установки, работающей на биогазе // Грузовик. — 2014. — № 4. — С. 41—47.
11. **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.
12. **Звонов В. А.** Токсичность двигателей внутреннего сгорания. — М.: Машиностроение, 1981. — 160 с.

На заводе каркасов кабин

Сегодня на территории нового завода по производству каркасов кабин состоялась торжественная церемония передачи символичных ключей, в ходе которой "КАМАЗ" передал компании Daimler построенный цех окраски и сварки для его дальнейшего оснащения.

Торжественное мероприятие собрало на территории завода около 240 гостей, включая топ-менеджеров "КАМАЗа" и иностранных партнеров — представителей компаний Daimler, Kuka, Comau, Zeiss, Drr. Символичные ключи исполнительному директору СП "Даймлер КАМАЗ Рус" Юргену Ольбердингу вручил первый заместитель генерального директора ПАО "КАМАЗ" — исполнительный директор Юрий Герасимов. "Не побоюсь назвать этот момент историческим — мы с вами становимся свидетелями важного шага на пути к пуску в Набережных Челнах нового современного завода. Еще в 2014 г. в рамках нашего сотрудничества с Daimler мы приняли судьбоносное решение и уже тогда знали, что в автограде появится новейший завод по производству каркасов кабин для нового поколения автомобилей, — отметил Юрий Герасимов. — Могу уверенно сказать, что такого строительства, в таком объеме и под такие масштабные цели компания давно не осуществляла. И сегодня "КАМАЗ" полностью готов передать работу в надежные руки партнера".

"КАМАЗ" и его стратегический партнер Daimler начали совместное строительство завода каркасов кабин общей площадью 68 тыс. кв. м в марте прошлого года. При этом проект предусматривает разделение ролей: "КАМАЗ" полностью отвечает за строительство здания на своей территории, а предприятие "ДК РУС" совместно с Daimler AG — за организацию производства. На данный момент российский автогигант свои обязательства выполнил: проведены общестроительные работы, подведены инженерные сети, здание обеспечено электричеством и отоплением, также готовы подъезды к заводу кабин и место для строительного городка монтеров оборудования. В строительство завода "КАМАЗ" вложил около 3 млрд руб.

Теперь на очереди монтаж оборудования в цехах окраски и сварки. Пуско-наладочные работы будут проводиться в марте 2018 г. В августе планируется тестовый пуск, а уже в январе 2019 г. состоится старт серийного производства. Производственная мощность завода составит 55 тыс. ед. в год. Новые каркасы кабин будут поставляться как на главный сборочный конвейер "КАМАЗа", так и на сборочное производство грузовиков Mercedes-Benz.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 621.436

С. Реал, аспирант, МАДИ, Камбоджа
E-mail: sotheara.real@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УПОРЯДОЧЕННОГО ПРОБИТ-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОСПРИЯТИЯ РАБОТЫ АВТОБУСОВ В ПНОМПЕНЕ

Жители Пномпеня в настоящее время обеспечены общественными автобусами. Однако работа службы эксплуатации зависит от неустойчивости спроса. Данное исследование оценивает работу автобусов со стороны пассажиров. Факторы, влияющие на восприятие работы общественного транспорта, исследуются с помощью пробит-модели. При этом учтены данные опроса, проведенного в автобусах среди пассажиров, во время тестов в Пномпене (N = 1,100). Результаты показывают, что восприятие качества работы автобусов повысится, если будут улучшены некоторые показатели (например, скорость, комфорт), а также если будут учтены замечания пассажиров (например, связанные с расширением службы эксплуатации автобусов). Полученные данные позволят правительству Камбоджи выработать необходимую стратегию повышения надежности работы службы эксплуатации общественных автобусов и уменьшения числа проблем городского транспорта.

Ключевые слова: *упорядоченная пробит-модель, Пномпень, работа общественных автобусов, надежность.*

After the first and fail attempt in 2001, the public bus service is now provided for citizens of Phnom Penh. However, the sustainability of the public bus service remains questionable due to unstable demand. This paper assesses the public bus performance from the viewpoints of bus passengers. Factors affecting passengers' perceived bus performance are investigated under an ordered probit model, using data from an on-board survey with bus passengers during service testing period in Phnom Penh (N = 1,100). Results show that the perceived public bus performance is likely to be improved by enhancing the bus attributes (e.g., speed, comfort) and by addressing the concerns expressed by the bus passengers (e.g., requests for bus service expansion). The findings provide the government useful information in considering appropriate strategies to ensure the sustainability of the public bus and to lessen the current traffic issues in the city.

Keywords: *ordered probit model, Phnom Penh, Public bus performance, Sustainability*

Вследствие отсутствия формального графика работы общественного транспорта в Пномпене, столице Камбоджи, его жители часто сталкиваются с серьезными проблемами. Такими как пробки на дорогах, аварии и загрязнение окружающей среды. После гражданской войны и режима красных кхмеров в 1970-х транспортная инфраструктура в городе была практически полностью уничтожена. С того времени общая протяженность дорог для обычного транспорта в городе развивается. Сейчас она составляет 1380 км.

Благодаря быстрому экономическому росту в Пномпене сейчас проживает более 2 млн человек. В результате в городе более чем в 3,7 раза увеличилось количество моторных транспортных средств по сравнению с 2000 г. Также серьезно возросла мобильность городского населения. В результате пропускная способность на некоторых главных участках дорог оказалась недостаточной в современных условиях. Как следствие, на дорогах стали образовываться серьезные пробки.

По данным Японского агентства по международному сотрудничеству (ЯАМС, 2013 г.), мотоциклы в Пномпене являются превалирующим видом транспорта в городе, составляя почти 75 % транспортных средств и примерно 86 % всех зарегистрированных транспортных средств в Камбодже (ASEAN-JTSB, 2013 г.). Мотоциклисты подвергают себя высокому риску, потому что курсируют по дорогам без так называемой защитной оболочки (WHO, 2009 г.). Примерно 70 % смертельных случаев на дорогах (80 % пострадавших) произошли в городе среди мотоциклистов, что эквивалентно примерно 66 % случаев, произошедших

в сельской местности. Вот почему в стране было пересмотрено дорожное право.

Для снижения аварийности на транспорте были реализованы программы по соблюдению правил дорожного движения и дорожной безопасности. Более того, концентрация полициклических ароматических углеводов (ПАУ) в Пномпене была крайне высокой, примерно в 6 раз больше, чем ПАУ в Бангкоке. Тем не менее не было предпринято никаких мер для снижения содержания канцерогенов в воздухе в Пномпене.

Специалисты обсуждали возможность использования на городском транспорте более экологически чистых видов топлива, а также улучшения качества технического осмотра и обслуживания транспортных средств. Однако стандарты на токсичность автомобильных выбросов не были установлены (ADB, 2006 г.). Более того, проблемы с движением на дорогах являются следствием недостаточной организации дорожного движения и управления транспортными потоками, а также неподходящей инфраструктуры (парковки, дренаж и тротуары) и практически отсутствующей системы городского общественного транспорта. Горожане в основном ездят на неофициальных общественных транспортных средствах (паратранзит). Таких как Motodop (мотоцикл-такси), Remok (мотоцикл с двухколесной тележкой, рикша) и Cyclo (трицикл с педалями). Водители этих транспортных средств предоставляют услугу перевозки от двери до двери, с меньшим временем на поездку и доступной ценой [1].

Первый этап формирования общественного транспорта в Пномпене

В июне 2001 г. при содействии ЯАМС в виде эксперимента в Пномпене были впервые введены маршрутные автобусы общественного транспорта (ЯАМС, 2001). Главной целью эксперимента было помочь горожанам оценить преимущества системы автобусных перевозок, выяснить потенциальный эффект от использования автобусов и разработать рекомендации для принятия стратегических решений по вопросам планирования службы эксплуатации маршрутных автобусов в городе.

Автобусы ходили по двум маршрутам: один проходил с севера на юг (от Камбоджийско-Японского моста до рынка Чбар Ампов) по бульвару Монивонг (около 8,5 км), и второй маршрут был круговым в центре города (около 8,5 км).

В таблице содержатся общие результаты проведенного эксперимента в Пномпене. На обоих автобусных маршрутах было 56 остановок с расстоянием между ними в 300...500 м, и только на восьми из них имелись навесы и сидения. Для повышения эффективности работы автобусов были введены особые правила: были запрещены парковка на улицах и

Общие сведения об автобусном эксперименте в Пномпене

Показатели	Первый автобусный эксперимент	Второй автобусный эксперимент
Период эксперимента	1—30 июня 2001 г.	5 февраля — 4 марта 2014 г.
Автобусные маршруты (протяженность)	Маршрут 1 (8,5 км), маршрут 2 (8,5 км)	Линия 1 (7,5 км)
Часы работы	5:30—19:30	5:30—20:30
Автобусный парк	23 кондиционированных микроавтобуса (29 мест)	10 кондиционированных автобусов (35 мест)
Остановки и расстояние	56 остановок каждые 300...500 м	36 остановок каждые 250...660 м
Количество навесов на остановках	8	5
Периодичность	Каждые 6...10 мин	Каждые 10...15 мин
Средняя скорость	Маршрут 1: 13,9 км/ч, маршрут 2: 13,1 км/ч	9,9 км/ч
Количество перевезенных пассажиров	Маршрут 1: 60 276, маршрут 2: 42 963	43 278
Плата за проезд и ежедневное среднее количество пассажиров	500 KHR / 800 KHR / Среднее маршрут 1: 2668 / 2019 / 2344 маршрут 2: 1661 / 1077 / 1369	1500 KHR линия 1: 1546
Развитие работы	1 месяц (17 автобусов, 2 маршрута)	До настоящего времени (43 автобуса, 3 линии)

Примечание. Информация взята из JICA (2001 г.) и в муниципалитете Пномпеня; термины "маршрут" и "линия" здесь имеют эквивалентные значения; каждый из них представляет маршрут движения автобусов в разные периоды времени автобусных экспериментов

движение двухколесного транспорта на некоторых участках автобусных маршрутов.

Общее количество пассажиров, перевезенных автобусами за время пробного периода, составило 103 329 чел. (на первом маршруте — 60 276 и на втором — 42 963). Благодаря значительной общественной поддержке автобусная служба была расширена и работала под началом управления по общественной работе и транспорту (УпоОРТ) с парком в 17 автобусов. При этом действовали два единых тарифа оплаты проезда.

Тариф в 500 камбоджийских риелей (≅ 0,13 долл. США) за поездку действовал в течение первых пяти дней и последних восьми дней тестового периода. Тариф в 800 риелей был введен в период с 6 по 22 июня 2001 г. Однако вследствие нехватки финансирования служба общественных маршрутных автобусов была закрыта через месяц [3,4].

Второй этап формирования маршрутов общественного транспорта в Пномпене

Веря, что общественный транспорт —это самый эффективный способ решить существующие проблемы дорожного движения в Пномпене, Муниципалитет и JICA снова ввели маршрутные общественные автобусы в начале февраля 2014 г. При этом были поставлены три цели:

1) дать возможность горожанам почувствовать комфорт и безопасность в поездках;

2) подготовить почву для непрерывной работы автобусов, основанной на накопленном опыте работы;

3) всесторонне развивать систему маршрутного городского транспорта (JICA, 2013 г.).

Во время второго автобусного эксперимента 10 кондиционированных автобусов (нестандартный автобус с одной дверью) работали на бульваре Монивонг (линия 1, от старого стадиона Раундаут до рынка Чбар Ампов). На трех главных перекрестках была введена система сигналов для обозначения приоритета движения автобусов. На борту транспортных средств было установлено портативное GPS устройство. Оно позволило определить среднюю скорость автобусов в 9,9 км/ч, что было относительно медленно.

В большей степени такая скорость была обусловлена увеличением числа моторизованных транспортных средств на дорогах, в частности вдоль автобусного маршрута. Так, количество транспорта в городе увеличилось с 99 389 машин в 2000 г. до 133 328 в 2012 г. (прирост около 34 %). Вследствие этого общая средняя скорость передвижения снизилась с 22,1 км/ч в 2001 г. до 15 км/ч в 2012 г. Среднее же ежедневное число перевезенных автобусами пассажиров стало ниже, чем в 2001 г. (на маршруте 1 — 2344 пассажира; на линии 1 — 1546). Через месяц после второго автобусного эксперимента служба общественных автобусов была расширена и перешла в управление муниципалитета Пномпеня и DPWT. В начале сентября 2014 г. автобусный маршрут (линия 1) был расширен с 7,5 км до 19,0 км в обоих направлениях. Кроме того, были добавлены еще два автобусных маршрута (линии 2 и 3) с общим парком в 43 автобуса (40 стандартных автобусов с двумя дверями и 3 микроавтобуса) [2, 4].

Автобусная служба эксплуатации Пномпеня по-прежнему довольно молода. Единый тариф относительно дешевый, всего 1500 риелей (0,37 долл. США) за одну поездку. Большинство автобусных остановок находятся на обочинах, которые помечены как "Автобусная остановка" с дорожной разметкой и знаком остановки. Общественные автобусы ездят вдоль основных дорог (линия 1 — 19,0 км, линия 2 — 19,0 км и линия 3 — 13,5 км), что в Пномпене составляет лишь небольшую часть существующей транспортной сети и, вероятно, вызывает мало интереса у горожан, так как большинство пассажиров по-прежнему предпочитают поездку от двери до двери.

Заключение

Мы оценили работу общественных автобусов в Пномпене с точки зрения пассажиров. Факторы, влияющие на восприятие работы автобусов пассажирами, были исследованы с помощью упорядоченного пробит-моделирования и с использованием информации, полученной от обычных граждан, совершавших поездки в общественных маршрутных автобусах в городе во время тестового периода работы автобусной службы эксплуатации. Результаты показали, что факторы, существенно влияющие на восприятие работы автобусов, зависят от рода занятий пассажиров (наемные сотрудники, предприниматели, домохозяйки), от предыдущих способов передвижения (собственный мотоцикл и мото-такси), от характеристики автобусов (скорость, стоимость проезда, безопасность и комфорт), а также от индивидуального взгляда на работу маршрутных общественных автобусов (оценивали качество работы службы эксплуатации).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бачани Т. М.** Проект комплексного плана городского транспорта в столице Пномпеня: учебное пособие для вузов. — Т.: Изд-во НЮ, 2013. — 300 с.
2. **Гуарин Д. Л.** Изучение проекта линии аэропортов в небе над Пномпенем в королевстве Камбоджа: учебное пособие для вузов — Т.: Изд-во НЮ, 2009. — 201 с.
3. **Реал С.** Оценка и анализ транспортной системы г. Пномпень/Сотхеара // В мире научных открытий. — 2014. — Вып. 10. — С. 1260—1268.
4. **Современная модель** организации мультимодальных межрегиональных пассажирских перевозок в условиях агломерации / Н. О. Блудян, Р. С. Айриев, Ф. В. Акопов, Реал Сотхеара // В мире научных открытий. — 2015. — Вып. 10. — С. 233—234.

УДК 519.2, 625.7/.8

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

АНАЛИЗ ПОДХОДА, ПРИНЯТОГО РАЗРАБОТЧИКАМИ СВОДА ПРАВИЛ "ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕМЕНТАМ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ"

Для снижения аварийности на автомобильных дорогах предлагается применять различные методы управления рисками, одним из которых является его минимизация. Создаваемая сейчас в России единая система технического нормирования безопасности и качества материалов, изделий, конструкций и услуг в дорожной отрасли должна соответствовать единой системе технического нормирования стран с развитой рыночной экономикой, основанной на оценках риска. Поэтому был выполнен анализ параметрических показателей нормативного документа Свод правил "Требования к элементам улично-дорожной сети населенных пунктов". В статье излагается аналитический метод оценки риска, для определения допустимых параметров городских дорог и улиц.

Ключевые слова: *Свод правил, Федеральный закон № 184-ФЗ, видимость на дорогах, двух- и многополосные дороги и улицы, кривая в плане, риск потери устойчивости, коэффициенты поперечной силы.*

To reduce the accident rate on the roads proposed to apply different risk management methods, one of which is its minimization. Created now in Russia, a unified system of technical regulation of safety and quality of materials, products, structures and services in the road sector should comply with the uniform system of technical regulation of the countries with developed market economy, based on risk assessments. Therefore, analysis was done of the parametric indicators of the normative document a Set of rules "Requirements to the elements of the road network settlements". The article describes the analytical method of risk assessment to determine acceptable parameters for urban roads and streets.

Keywords: *a set of rules, Federal law No. 184-RF visibility on the roads, two and multi-lane roads and streets that curve in plan, the risk of buckling coefficients of shear forces.*

Кафедра "Транспортное строительство" Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А. по просьбе комитета по Архитектуре и градостроительству города Москвы и Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета выполнила анализ проекта нового Свода правил "Требования к элементам улично-дорожной сети населенных пунктов", который будет отражен в серии статей авторов.

Автомобильные дороги и особенно улицы и дороги населенных пунктов относятся к объектам повышенной опасности для пользователей, которыми являются все жители страны, ежедневно участвующие в дорожном движении в качестве пешеходов, водителей, пассажиров и перевозчиков. Городские дороги и улицы характеризуются самыми сложными условиями движения по сравнению с внегородскими дорогами. Объекты повышенной опасности, имеющие столько пользователей (146 млн 270 тыс. чел.), должны в первую очередь отвечать требованиям безопасности, под которыми понимается (согласно требованиям закона "О техническом регулировании") отсутствие недопустимого риска причинения вреда человеку, окружающей среде и имуществу любой формы собственности. Поэтому в данной работе уделяется особое внимание анализу безопасности предлагаемых в проекте Свода правил решений.

Планировка улиц с учетом их функционального назначения призвана обеспечить организованное, безопасное, удобное и комфортное движение как автотранспортных средств, так и пешеходов, включая движение велосипедистов и маломобильных групп населения, путем организации их движения не по проезжей части улицы. Проектиро-

вание улиц и дорог населенных пунктов с учетом их функционального назначения в значительной степени влияет на рост пропускной способности улиц и дорог всех классов, включая перегоны и перекрестки на улицах с регулируемым движением. Однако при высокой интенсивности движения возрастает количество нарушений водителями правил дорожного движения, что повышает риск возникновения ДТП. Практически при всех уровнях обслуживания некоторые водители нарушают скоростной режим, увеличивая скорость движения выше проектной скорости, нормированной в табл. 5.3 Свода правил. В соответствии с общими (едиными для всех) требованиями Федерального закона "О техническом регулировании" при разработке проектов транспортных сооружений необходимо учитывать предсказуемое неправильное использование водителями сооружения, в данном случае улицы или дороги, которое выражается в превышении водителями проектной скорости.

Такой подход частично реализован в проекте обсуждаемого Свода правил, в котором учитывается возможность превышения проектной скорости на 10 км/ч и в некоторых случаях, при достаточном обосновании, на 20 км/ч. При этом следует обеспечить безопасность принятых параметров городской дороги или улицы при движении автомобилей с прогнозируемой скоростью.

Предлагается считать, что проектная скорость соответствует (должна соответствовать) скорости 85-процентной обеспеченности. При значительном отклонении от прогнозируемой скорости транспортного потока рекомендуется корректировать проектную скорость. Для этого в приложении Т проекта Свода правил даны методики определения прогнозируемой скорости транспортного потока. В этих методиках формулы (Т1) и (Т2) безоговорочно обоснованы. Превышение проектной скорости представляет собой предсказуемое неправильное поведение одной из категорий пользователей городскими дорогами и улицами (водителями). Учитывать такое поведение необходимо, чтобы и для водителей, превышающих скорость 85-процентной обеспеченности, была достигнута безопасность движения путем совершенствования дорожных условий, при которых риск возникновения ДТП не будет подниматься выше допустимого значения (даже для водителя, превысившего проектную скорость). При этом проектная скорость должна соответствовать скорости транспортного потока.

Как решается эта задача в приложении Т, обсудим после оценок риска, который допускают параметры геометрических элементов, нормированные в Своде правил.

В анализируемом нормативном документе обобщен опыт отечественного и зарубежного проектирования, строительства и эксплуатации объектов улично-дорожной сети. Обобщены также результаты научных исследований, выполненных отечественными и зарубежными учеными, в области организации и безопасности движения в населенных пунктах. Выполнен анализ нормативно-технического регулирования в области функционального планирования улично-дорожных сетей в некоторых европейских странах (Германии, США, Великобритании, Голландии). В результате проведенной работы авторы Свода правил создали нормативный документ, в котором предлагается новая классификация улиц и дорог населенных пунктов, исходя из их функционального назначения. Введен комплекс требований по обеспечению видимости на элементах улично-дорожной сети, включая обеспечение требуемой видимость пешеходов и велосипедистов. Введены в расчет требуемых параметров улиц и дорог проектные (прогнозируемые) скорости транспортного потока. Уделено внимание уровню обслуживания пользователей, принятые в Германии и других странах. Установлены требования по проектированию узлов автомобильных дорог в одном и разных уровнях на улицах и дорогах населенных пунктов. Даны методы упорядочивания уличной парковки транспортных средств. Развиты методы проектирования велосипедных и пешеходных дорожек и тротуаров. Решены другие задачи по обеспечению безопасности дорожного движения, созданию комфортной для пользователей среды, включая вопросы приоритета общественного пассажирского транспорта и управления транспортными потоками на улично-дорожной сети населенных пунктов.

Создаваемая сейчас в России единая система технического нормирования безопасности и качества материалов, изделий, конструкций и услуг в дорожной отрасли должна соответствовать единой системе технического нормирования стран с развитой рыночной экономикой. При этом предусматривается гармонизация российских стандартов в области дорожной деятельности с передовыми международными стандартами. А в соответствии с требованиями Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании", современная нормативная база России должна основываться на оценках риска причинения вреда пользователям продукции, окружающей среде и имуществу любой формы собственности. Поэтому был выполнен анализ параметрических показателей нормативного документа Свод правил "Требования к элементам улично-дорожной сети населенных пунктов".

Анализ риска типовых поперечных профилей Свода правил показал, что нормы ширины покрытия при всех проектных скоростях движения

(120, 100, 80, 70, 60 и ниже) соответствуют допустимым значениям риска столкновения транспортных средств и находятся в пределах от $8{,}6 \cdot 10^{-5}$ до $3{,}3 \cdot 10^{-4}$ при предельно допустимых значениях риска на автотранспортных сооружениях $r_{доп} = (1...3) \cdot 10^{-4}$. Риск столкновения транспортных средств, равный значению $3{,}3 \cdot 10^{-4}$, был установлен на типовых поперечных профилях П 30,5 и П 28,1 при проектной скорости 100 км/ч по математической модели оценки риска опережения со сменой полос движения на шестиполосной дороге (при движении по трем полосам в одном направлении улицы непрерывного движения легкового автомобиля, автобуса и седельного автопоезда). Учитывая, что превышение риска над допустимым значением оказалось незначительным, рекомендаций по изменению поперечных профилей П 30,5 и П 28,1 не последовало.

Однако на всех поперечных профилях риск наезда всех транспортных средств (кроме легковых автомобилей) на автопоезд, стоящий на остановочной полосе, превышает допустимые значения риска ($r_{доп} = (1...3) \cdot 10^{-4}$) в связи с тем, что суммарная ширина двух полос (остановочной и краевой) в нормативном документе равна ширине автопоезда. Типовые поперечники в проекте СП "Требования к элементам улично-дорожной сети населенных пунктов" предлагаем не изменять (не увеличивать ширину остановочных полос), а в том 2 "Приложения" включить приложение 12, в котором дать схему соответствия требуемой ширины остановочной полосы величине допустимого риска. Используя данную математическую модель (схему или форму соответствия), проектировщик сможет принимать решение о достаточности типовой ширины остановочной полосы. Такое решение позволит учитывать то, что не на всех улицах и дорогах присутствуют автопоезда, а значит, величина фактического риска будет соответствовать допустимому значению, если на остановочной полосе будут располагаться транспортные средства, длина и ширина которых меньше длины и ширины автопоезда.

Увеличение видимости на дорогах и улицах, предусмотренное в Своде правил (вызванное в основном увеличением времени реакции водителей), привело к увеличению требуемых радиусов выпуклых и вогнутых кривых продольного профиля улиц и дорог населенных пунктов, определяемых по требуемой видимости встречного автомобиля. Это способствовало снижению риска столкновения и наезда на всех типах двухполосных городских дорог и улиц до значений, не превышающих допустимые риски $r_{доп} = (1...3) \cdot 10^{-4}$ при использовании из табл. 7.12 проекта Свода правил радиусов выпуклых кривых по последней колонке.

На многополосных дорогах риск наезда на препятствие за вершиной выпуклой кривой при проектных скоростях 100 и 120 км/ч становится допустимым на радиусах 52 000 м и 75 000 м соответственно. Однако в табл. 7.12 эти радиусы показаны в последней колонке, т. е. установлены по расстоянию видимости встречного автомобиля.

Минимальные радиусы кривых в плане в Своде правил не показаны, а приведены только формулы (7.1) и (7.2) для их определения.

В анализе проекта Свода правил нельзя не обратить внимание на наличие упрощений и ошибок в некоторых зарубежных рекомендациях (изложенных в приложении Т). Анализ этих рекомендаций выполнен с использованием оценок коэффициентов поперечной силы и оценок риска заноса и опрокидывания автомобилей, движущихся со скоростями, которые трактуются в данном приложении как допустимые.

Как уже отмечалось, формулы (Т1) и (Т2) этого приложения безоговорочно обоснованы. Далее в приложении Т даны упрощенные формулы для определения скорости транспортного потока 85-процентной обеспеченности (проектные скорости) и графические зависимости (номограммы) для решения задач по определению проектной скорости. Эмпирические уравнения (Т3), (Т5)—(Т9), таблица (Т1) и графики на рис. Т1 и Т2 предназначены для определения этой скорости (V_{85}) в зависимости от одного-двух параметров, что недостаточно для принятия скорости в качестве скорости транспортного потока. Эмпирическая формула (Т4) устанавливает эту скорость относительно четырех параметров (кривизны трассы, ширины полосы движения, ширины обочин и средней суточной интенсивности). Однако формула (4) имеет серьезный недостаток — с увеличением средней суточной интенсивности скорость транспортного потока возрастает.

Понятно, что это эмпирическая формула и в ее структуре нет и не может быть логики теоретического уравнения, но если с увеличением интенсивности движения увеличивается скорость, то с изменением других параметров должно возникать противоположное нарушение логики, чтобы конечные результаты (значения V_{85}) имели логичные изменения.

Общий недостаток всех приведенных в приложении Т формул, таблиц и графиков заключается в том, что определенные по ним скорости транспортного потока 85-процентной обеспеченности на кривых в плане (по радиусам которых эти скорости определены) имеют недопустимые значения коэффициента поперечной силы. Выполним анализ радиусов кривых в плане, указанных в Своде правил, с позиции обеспечения безопасности движения на основе анализа рисков и коэффициентов поперечной силы.

Покажем это расчетами для некоторых точек на рис. 1 и 2 и в табл. 1—3.

Анализ результатов расчета показывает, что полученные коэффициенты поперечной силы имеют величины, значительно превышающие предельно допустимые значения коэффициентов μ, принимаемые в отечественных нормативных источниках ($\mu_{доп}$ = 0,09—0,10). Только на кривых с радиусами 600 м и более коэффициенты поперечной силы в зарубежных нормативных документах и риски потери устойчивости автомобилей становятся допустимыми (см. табл. 2). Следовательно, эти графики и эмпирические формулы приложения Т несут в себе высокие риски, что не следует рекомендовать к использованию в отечественных нормативных источниках. Нечто странное наблюдается и при анализе отдельных точек на рис. Т1. Например, проектный радиус 1000 м на кривой в плане, конечно, возможен. Но какое отношение имеет обеспеченная и проектная скорость 40 км/ч к этому радиусу? На кривой с радиусом 1000 м обеспеченная скорость будет значительно выше, а мы (используя этот график) будем считать возможным снижение требований к параметрам плана, поперечного и продольного профиля по скорости 40 км/ч, ведь именно эта скорость обеспечена радиусом 1000 м. Это совершенно недопустимо.

Формулы (Т1) и (Т2) очень упрощены, чтобы называться скоростями движения транспортного потока 85-процентной обеспеченности, а формулы (Т3) и (Т4) просто не работают. Например, по формуле (Т4) с увеличением интенсивности движения скорость транспортного потока 85-процентной обеспеченности увеличивается. Такой эффект невозможен.

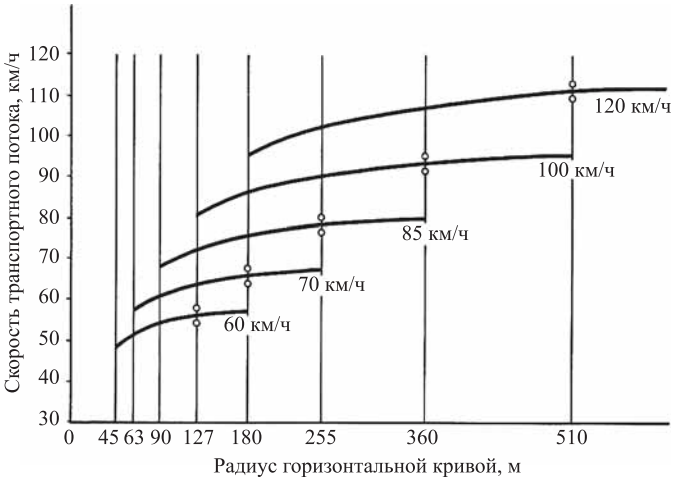

Рис. 2. Зависимость скорости транспортного потока от радиуса и скорости на смежных участках

Поэтому более надежно устанавливать проектные скорости на кривых в плане с проектными радиусами (табл. 4) по величине допустимого риска потери устойчивости автомобиля ($r_{доп} = 1 \cdot 10^{-4}$).

Применение рассмотренного Свода правил будет способствовать гармонизации нормативной базы России с нормативной базой европейских стран с развитой транспортной инфраструктурой, повышению безопасности движения и пропускной способности городских дорог и улиц, а также обеспечит применение современных требований к геометрическим параметрам улиц и дорог населенных пунктов.

В связи с этим разработка СП "Требования к геометрическим параметрам улично-дорожной сети" является актуальной.

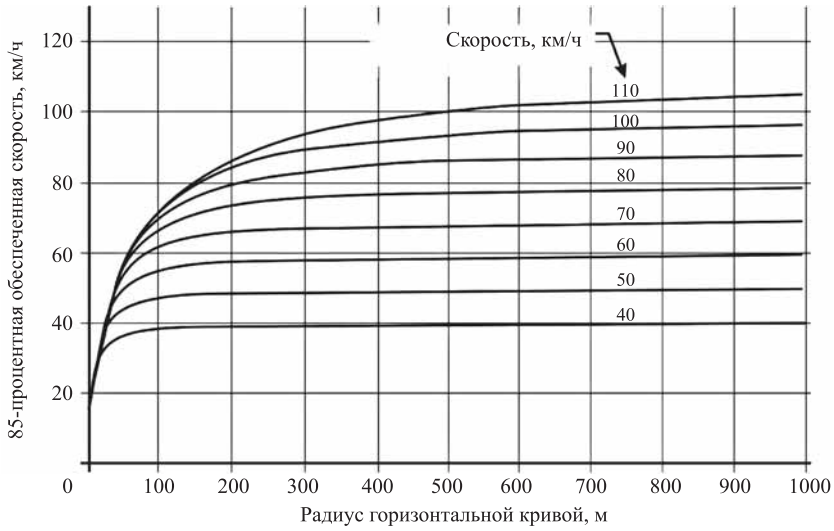

Рис. 1. Зависимость скорости 85-процентной обеспеченности от радиусов горизонтальных кривых и скорости на смежных участках

В целом в первой редакции СП учтены основные требования по обеспечению безопасности дорожного движения, основанные в настоящее время на требованиях Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании" и требованиях ГОСТ Р 1—2004 "Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения".

По первой редакции СП "Требования к элементам улично-дорожной сети населенных пунктов" имеется ряд замечаний и предложений.

1. Типовые профили улиц и дорог, содержащие полосы для остановки транспортных средств шириной 1,5 м, оставить без изменения, а для проверки требуемой ширины этих полос в Томе 2 "Приложения" включить приложение У "Форма (схема) оценки соответствия применяемой ширины

Таблица 1

Результаты анализа кривых, показанных на рис. 1

R, м	100	100	100	100	100	100	100
V, км/ч	39	43	57	61	63	65	66
$i_в$	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
μ	0,08	0,11	0,22	0,25	0,27	0,29	0,30
r	$2\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-3}$	$8\cdot10^{-3}$	$4\cdot10^{-3}$	$9\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-2}$

где R=100 м — значение радиуса кривой в плане; V — значения скоростей движения по этой кривой в зависимости от скорости 85-процентной обеспеченности на смежных участках (по данным на рис. Т1 Свода правил); $i_в$ — расчетное значение уклона виража; μ, r — коэффициент поперечной силы и риск потери устойчивости автомобиля при движении по кривой в плане с исходными данными, принятыми по данным на рис. Т1 Свода правил

Таблица 2

Продолжение анализа кривых, показанных на рис. 1

R, м	200	300	400	500	600	800	1000
V, км/ч	85	95	98	100	102	104	107
$i_в$	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
μ	0,24	0,20	0,15	0,12	0,10	0,07	0,05
r	$2\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-3}$	$8\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$8\cdot10^{-5}$

R = 200...1000 м — значения радиусов кривых в плане; V — значения скоростей движения по этим кривым при постоянной скорости на смежных участках 110 км/ч

Таблица 3

Результаты анализа кривых, показанных на рис. 2

R, м	45	63	90	127	180	255	360	510
V, км/ч	48	57	68	80	96	100	106	112
$i_в$	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
μ	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,27	0,20	0,11
r	$3\cdot10^{-2}$	$2\cdot10^{-2}$	$3\cdot10^{-2}$	$3\cdot10^{-2}$	$4\cdot10^{-2}$	$9\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-3}$	$8\cdot10^{-4}$

где R, V — предельные значения радиуса и скорости 85-процентной обеспеченности на кривых, показанных на рис. 2; $i_в$ — расчетное значение уклона виража; μ, r — коэффициент поперечной силы и риск потери устойчивости автомобиля при движении по кривой в плане с исходными данными, принятыми в качестве предельных рекомендаций, показанных на рис. 2 (при проектной скорости 120 км/ч расчеты параметров μ и r выполнены по всей эмпирической кривой)

Таблица 4

Проектные скорости на кривых в плане с проектными радиусами

Радиус кривой, м	30	34	50	100	150	200	250	300	350	400
Обеспеченная скорость, км/ч	20,0	23,5	31,8	49,2	58,3	69,2	78,0	83,3	87,2	90,4
$r_{доп}$	$1\cdot10^{-4}$	То же	То же	То же	То же	То же	То же	То же	То же	То же

остановочной полосы требованиям безопасности движения". Такой подход позволит в проектах улиц и дорог населенных пунктов определять требуемую ширину остановочной полосы по величине допустимого риска (при остановке на обочине таких транспортных средств, которые предусмотрены в конкретном проекте дороги или улицы).

2. Рекомендуется приложение Т (в Томе 2 "Приложения") пометить как **справочное**, а для оценки скорости транспортных потоков создать также простое для восприятия приложение У в качестве **рекомендуемого** (заменив обозначение последнего приложения, например, на Ф). В приложении У дать методику расчета скорости транспортного потока 85-процентной обеспеченности, за которую можно принять минимальную скорость движения, обеспечивающую допустимое значение риска ($r_{доп} = 1\cdot10^{-4}$) в различных дорожных условиях:

— по риску потери устойчивости на кривой в плане принятого радиуса;

— по риску столкновения при разъезде на двухполосной дороге при принятых значениях ширины покрытия;

— по риску столкновения при опережении со сменой полос движения на многополосной дороге;

— по риску столкновения при потере видимости встречного автомобиля на выпуклой кривой с конкретным радиусом вертикальной кривой;

— по риску наезда на препятствие при потере видимости в темное время суток на вогнутой кривой или риску поломки ходовых частей автомобиля также на вогнутой кривой в любое время суток;

— по риску наезда на препятствие на многополосной дороге, расположенное за вершиной выпуклой кривой;

— по такому же риску на двухполосной дороге;

— по риску столкновения с транспортным средством, находящимся на остановочной полосе.

Очевидно, что за обеспеченную скорость V_{85} принимают наименьшую скорость (из всех установленных скоростей), которая, например, на кривой в плане и при наличии выпуклой кривой устанавливается по названным параметрам и ширине покрытия (которое может быть двухполосным и многополосным покрытием). То есть на каждом участке учитываются конкретные дорожные условия, а обеспеченную скорость определяет тот параметр, который при риске $r_{доп} = 1 \cdot 10^{-4}$ обеспечивает меньшую скорость [1—7].

Затем определяют скорость транспортного потока с заданной интенсивностью (можно скорость определить как приведенного к легковым автомобилям потока, так и смешенного потока). При таком подходе мы учитываем наибольшее количество параметров и состав движения (даже приводя смешенный состав к легковым автомобилям, фактический состав движения на улице или дороге тем самым учитывается). При использовании описанного метода полностью выполняются требования закона "О техническом регулировании", так как скорость транспортного потока (и плотность при заторе) определяется с использованием допустимого риска.

Проектную скорость устанавливают по формуле (Т1) или формуле (Т2) и сравнивают ее с нормированной в табл. 5.3 Свода правил. Все параметры дороги и параметры транспортного потока считаются установленными, если сравниваемые скорости расходятся не более чем на 10 км/ч.

3. В проекте СП отсутствует таблица с коэффициентами приведения смешенного состава транспортных средств к эквивалентному потоку легковых автомобилей.

В целом первая редакция СП "Требования к элементам улично-дорожной сети населенных пунктов" выполнена в соответствии с требованиями ОДМ 218.1.002-2010 и учитывает требования действующих национальных стандартов в сфере безопасности дорожного движении, в связи с чем может быть одобрена и с учетом высказанных замечаний (предложений) рекомендована для представления Заказчику на рассмотрение и утверждение в установленном порядке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Столяров В. В.** Ограничение скорости по допустимому риску для обеспечения безопасности движения на сложных участках автомобильных дорог / В. В. Столяров, В. А. Гусев, Н. В. Щеголева // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. тр. участников 11-й Междунар. науч.-практ. конф., г. Санкт-Петербург, 18—20 сентбря, 2014 г. — 2014. — С. 369—379.
2. **Методические подходы** совершенствования нормативного обеспечения технического регулирования дорожного хозяйства с учетом теории риска / В. В. Столяров [и др.] // Грузовик. — 2016. — № 7. — С. 43—47.
3. **Щеголева Н. В.** Применение теории информации в проектировании автомобильных дорог // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2014. — № 4. — С. 116—124.
4. **Щеголева Н. В.** Снижение риска аварийности на автомобильных дорогах после реконструкции // Новые идеи нового века — 2014: материалы Четырнадцатой Междунар. науч. конф. The new Ideas of New Century — 2014: The Fourteenth International Scentific Conference Proceedings: в 3 т. —Хабаровск: Тихоокеан. гос. ун-т, 2014. — Т. 3. — С. 419—423.
5. **Кочетков А. В., Янковский Л. В.** Перспективы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве // Инновационный транспорт. — 2014. — № 1 (11). — С. 42—45.
6. **Организационно-экономический** механизм инновационной деятельности дорожного хозяйства / С. П. Аржанухина, А. А. Сухов, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский // Инновационный Вестник Регион. — 2012. — № 4. — С. 40—45.
7. **Кочетков А. В., Гладков В. Ю., Немчинов Д. М.** Проектирование структуры информационного обеспечения системы менеджмента качества дорожного хозяйства // Интернет-журнал Науковедение. — 2013. — № 3 (16). — С. 72.

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *З. В. Наумова*
Сдано в набор 25.02.2018. Подписано в печать 16.04.2018. 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**