

Учредитель ООО "Научно-техническое издательство
"Инновационное машиностроение"

Главный редактор **И. Ф. ГУМЕРОВ**, канд. техн. наук,
заместитель генерального директора ПАО "КАМАЗ" —
директор по развитию

Заместитель главного редактора **А. С. САВЧЕНКО**

Редакционный совет

В. С. Антипенко,
д-р техн. наук, проф.
Е. В. Балакина,
д-р техн. наук, проф.
Д. Х. Валеев,
д-р техн. наук
Ю. Э. Васильев,
д-р техн. наук, проф.
С. М. Гайдар,
д-р техн. наук, проф.
Л. В. Грехов,
д-р техн. наук, проф.
В. А. Зорин,
д-р техн. наук, проф.
М. Ю. Карелина,
д-р техн. наук, проф.
Н. Т. Катанаев,
д-р техн. наук, проф.
В. Н. Козловский,
д-р техн. наук, проф.
В. В. Комаров,
канд. техн. наук
А. В. Кочетков,
д-р техн. наук, проф.

В. А. Марков,
д-р техн. наук, проф.
Л. Б. Миротин,
д-р техн. наук, проф.
А. Н. Новиков,
д-р техн. наук, проф.
А. Н. Ременцов,
д-р пед. наук, проф.
О. Н. Румянцева,
генеральный директор
ООО "Издательство
"Инновационное
машиностроение"
А. Ф. Синельников,
канд. техн. наук, проф.
А. А. Солнцев,
д-р техн. наук, проф.
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; gruzovik.mashin@gmail.com,
<http://www.mashin.ru>

Адрес издательства:

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

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

Подписной индекс:

по объединенному каталогу
"Пресса России" 39799

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение»,
"Грузовик", 2020

Перепечатка материалов из журнала «Грузовик» возможна при
обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При
перепечатке материалов ссылка на журнал «Грузовик» обязательна.
За содержание рекламных материалов ответственность несет
рекламодатель.

В НОМЕРЕ:

Конструкция

- 3** *Велизаде Э. С.* Минимизация теплового состояния фрикционной накладки тормозного механизма грузового автомобиля
Проведен теоретический анализ по определению микрогеометрии поверхности трения трущейся пары "барабан—накладка", обеспечивающей равномерное распределение температуры на контактной поверхности. Используется модель шероховатой поверхности трения. Построена замкнутая система алгебраических уравнений, позволяющая получить решение задачи оптимального проектирования фрикционной пары "барабан—накладка" тормозного механизма грузового автомобиля в зависимости от геометрических и механических характеристик ее элементов

Исследования. Расчет

- 9** *Марков В. А., Трифонов В. Л., Маркова И. Г., Землемерова А. С.* Расчетное исследование рабочего процесса дизельного двигателя
Проведено расчетное исследование рабочего процесса дизеля типа Д-245 (4 ЧН 11/12,5) производства Минского моторного завода. Исследовано влияние степени сжатия, угла опережения впрыскивания топлива и фаз газораспределения на показатели топливной экономичности исследуемого дизельного двигателя. Определены оптимальные значения параметров дизеля на различных режимах его работы

- 17** *Козловский В. К., Николаев П. А., Подгорный А. С., Строганов В. И.* Совершенствование ездового цикла для комплексной оценки помехоустойчивости бортовых электротехнических систем автотранспортных средств
В статье представлены результаты совершенствования методики организации ездового цикла для комплексной оценки помехоустойчивости бортовых электротехнических систем автомобилей

Экология

- 20** *Грушников В. А.* Мероприятия по совершенствованию экологической безопасности автомобильного транспорта. Часть 2
В тренде с переменным успехом реализуемого в рамках координируемого сразу несколькими профильными Комитетами Организации Объединенных Наций всемирного экологического проекта предотвращения глобального потепления находятся мероприятия по повышению экологической безопасности подвижного состава автомобильного транспорта. В этом процессе основного направления решения проблемы превалирует эффективный, по мнению энергетиков и экологов автотранспортной сферы, способ всеобщего поэтапного перехода с двигателей внутреннего сгорания на силовые агрегаты электрифицированного привода колесных транспортных средств

Безопасность

- 27** *Климова Г. К., Зеликов В. А., Струков Ю. В., Денисов Г. А., Маклакова Е. А., Бусарин Э. Н.* Математическое обоснование применения средств управления для повышения безопасности движения
Рассматривается вопрос зависимости количества ДТП от систематических и случайных факторов. Приводится математическое обоснование прогнозирования безопасности дорожного движения и создания условий для оптимального группирования средств управления в систему, с позиции безопасности движения. Решается задача оптимизации показателя управления
- 32** *Тушко И. С.* Сертификация технических средств обеспечения транспортной безопасности
Сертификация технических средств обеспечения транспортной безопасности является независимым и сравнительно новым видом деятельности в отрасли транспортной безопасности, заслуживающим отдельного рассмотрения. В настоящей статье мы поговорим об участниках этого процесса, схемах обязательной сертификации, компетенции федеральных органов по сертификации и некоторых требованиях к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности

Транспортный комплекс

- 37** *Калинин М. А.* Перспективные тренды коммерческого транспорта
В настоящее время на рынке, пожалуй, не осталось автопроизводителей, которые бы не занимались модернизацией силовой линии, внедряя передовые концепции альтернативных видов энергии, а так же реализацией проектов, ориентированных на 4 и 5 уровень автономного движения. В статье рассказывается о том, как эти вопросы решаются в Volvo Trucks, о видении компании перспективных трендов мобильности

Информация

- 41** Выставки. Конференции. Презентации

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

Founder JSC Scientific and Technical Publishing House
"Innovative Engineering"

Editor-in-Chief I. F. GUMEROV, cand. tehn. s.,
deputy general director JSC "KAMAZ" —
director of development

Deputy Editor-in-Chief A. S. SAVCHENKO

Editorial council

V. S. Antipenko,
dr. en. s., prof.
E. V. Balakina,
dr. en. s., prof.
D. H. Valeev,
dr. en. s.
Ju. E. Vasilyev,
dr. en. s., prof.
S. M. Gaidar,
dr. en. s., prof.
L. V. Grekhov,
dr. en. s., prof.
V. A. Zorin,
dr. en. s., prof.
M. Ju. Karelna,
dr. en. s., prof.
N. T. Katanaev,
dr. en. s., prof.
V. N. Kozlovsky,
dr. en. s., prof.
V. V. Komarov,
cand. tehn. s.

A. V. Kochetkov,
dr. en. s., prof.
V. A. Markov,
dr. en. s., prof.
L. B. Mirotin,
dr. en. s., prof.
A. N. Novikov,
dr. en. s., prof.
A. N. Rementsov,
dr. hab. phd in en. s.
O. N. Rumyantseva,
gen. dir. JSC "Publisher
"Innovative Engineering"
A. F. Sinelnikov,
cand. tehn. s., prof.
A. A. Solntsev,
dr. en. s., prof.
V. S. Ustymenko,
cand. tehn. s.
J. A. Faskhiyev,
dr. en. s., prof.
N. D. Chaynov,
dr. en. s., prof.

CONTENTS:

Design

- 3** Velizade E. S. Minimization of heat state for friction lining of truck brake mechanism

A theoretical analysis to determine a microgeometry of friction surface for the drum—lining pair is carried out. The sought-for microgeometry provides a uniform temperature distribution on the contact surface. The model of a rough friction surface is used. A closed system of algebraic equations is constructed. This system allows the solution of the optimal design problem for the drum-lining friction pair of the truck brake mechanism depending on geometric and mechanical characteristics of the pair elements

Research. Calculation

- 9** Markov V. A., Trifonov V. L., Markova I. G., Zemlemerova A. S. Calculating Study of the Diesel Engine Working Process

A calculating study of the working process of the D-245 diesel engine (4 ChN 11/12,5) produced by the Minsk motor plant is carried out. The influence of compression ratio, fuel injection advance angle and gas distribution phases on the fuel efficiency indicators of the diesel engine under consideration is studied. The optimal values of the diesel engine parameters in various modes of operation are determined

- 17** Kozlovskiy V. N., Nikolaev P. A., Podgorniy A. S., Stroganov V. I. Improving the driving cycle for a comprehensive assessment of the noise immunity of on-board electrical systems of vehicles

The article presents the results of improving the driving cycle organization methodology for a comprehensive assessment of the noise immunity of on-board electrical systems of automobiles

Ecology

- 20** Grushnikov V. A. Measures to improve environmental safety of vehicle transport. Part 2

In a trend with varying success, implemented within the framework of the global environmental warming prevention project coordinated by several relevant United Nations Committees at once, there are measures to improve the environmental safety of road vehicles. In this process, the main direction of solving the problem is dominated by an effective, according to energy and environmental experts in the automotive sector, a way of universal phased transition from internal combustion engines to power units of an electrified drive of wheeled vehicles

Safety

- 27** Klimova G. N., Zelikov V. A., Strukov Yu. V., Denisov G. A., Maklakova E. A., Busarin E. N. Mathematical justification of the use of control tools to improve traffic safety

The question of the dependence of the number of accidents on systematic and random factors is considered. The article provides a mathematical justification for predicting road safety and creating conditions for optimal grouping of controls in the system, from the point of view of traffic safety. The problem of optimizing the management indicator is solved

- 32** Tushko I. S. Certification of technical means of ensuring transport safety

Certification of technical means of ensuring transport security is an independent and relatively new type of activity in the transport security industry that deserves separate consideration. In this article, we will talk about the participants in this process, mandatory certification schemes, the competence of federal certification bodies and some requirements for the functional properties of technical means to ensure transport security

Transport complex

- 37** Kalinin M. A. Promising trends in commercial vehicles

Currently, there are probably no automakers left on the market who would not be engaged in the modernization of the power line, introducing advanced concepts of alternative types of energy, as well as the implementation of projects focused on the 4th and 5th levels of autonomous movement. The article explains how these issues are being addressed at Volvo Trucks, and the company's vision for future mobility trends

Information

- 41** Exhibitions. Conferences. Presentations

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; gruzovik.mashin@gmail.com;
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", 2020

Э. С. Велизаде, докторант, e-mail: evve2525@gmail.com, Азербайджанский технический университет, г. Баку, Азербайджан

МИНИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ФРИКЦИОННОЙ НАКЛАДКИ ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Проведен теоретический анализ по определению микрогеометрии поверхности трения трущейся пары "барабан—накладка", обеспечивающей равномерное распределение температуры на контактной поверхности. Используется модель шероховатой поверхности трения. Построена замкнутая система алгебраических уравнений, позволяющая получить решение задачи оптимального проектирования фрикционной пары "барабан—накладка" тормозного механизма грузового автомобиля в зависимости от геометрических и механических характеристик ее элементов.

Ключевые слова: фрикционная пара, барабан, накладка, износ, оптимальная микрогеометрия, равномерное распределение температуры.

A theoretical analysis to determine a microgeometry of friction surface for the drum—lining pair is carried out. The sought-for microgeometry provides a uniform temperature distribution on the contact surface. The model of a rough friction surface is used. A closed system of algebraic equations is constructed. This system allows the solution of the optimal design problem for the drum—lining friction pair of the truck brake mechanism depending on geometric and mechanical characteristics of the pair elements.

Keywords: friction pair, drum, lining, wear, optimal microgeometry, uniform temperature distribution.

Введение. Одним из важнейших узлов, определяющих безопасность, надежность и долговечность колесных машин является фрикционная пара "барабан—накладка" тормозного механизма. Эффективность работы многих типов фрикционных пар тормозного механизма в значительной степени зависит от температуры трущихся элементов. Трущаяся пара "барабан—накладка" грузового автомобиля работает в условиях сложного напряженного состояния. Для управления процессами трения и изнашивания в паре трения "барабан—накладка" тормозного механизма необходимо исследование разрушения материала при трении, вызванного контактным действием температуры и температурного градиента. Расчет тормозов автомобиля на нагрев одним из первых провел Е. А. Чудаков. Эта работа была опубликована в 1933 г. в трудах Военной академии механизации и моторизации. Исследованию нагрева и температурных напряжений в тормозном механизме посвящены многочисленные работы [1—11]. В исследованиях [12—14] показано, что на пятнах фактического касания происходит сильный нагрев в тонких поверхностных слоях.

Это является причиной возникновения очагов трещинообразования. Разрушение вызывается теплообразованием при трении контактирующих поверхностей. Каждый материал имеет предельную (допустимую) температуру T_* , превышение которой приводит к образованию прижогов и очагов микротрещин в материале трущейся пары. Таким образом, ответственной за тепловое разрушение материалов фрикционной пары "барабан—накладка" тормозного механизма грузового автомобиля можно считать величину максимальной температуры, достигаемой в материале.

Тепловым разрушением при разработке пары трения тормозного механизма автомобиля на стадии проектирования можно управлять [15—26] конструкторско-технологическими методами, в частности геометрией поверхности трения. Решение таких задач механики по построению микрогеометрии трибосопряжения будет способствовать уменьшению теплонапряженности и износа.

Цель исследования: разработка расчетной модели фрикционного взаимодействия и изнашивания для пары "барабан—накладка" тормозного

механизма, позволяющей рассчитать оптимальную микрогеометрию поверхности трения, при которой имеет место распределение контактной температуры, близкое к равномерному при заданных режимах торможения автомобиля.

Постановка задачи. Рассмотрим напряженно-деформированное состояние фрикционной накладки при торможении. При многократном повторно-кратковременном режиме торможения происходит взаимодействие между контактирующими поверхностями накладки и барабана, возникают силы трения, приводящие к изнашиванию материалов сопряжения. Для определения контактного давления необходимо рассмотреть износостойкую задачу о вдавливании накладки в поверхность тормозного барабана [27].

Проведем теоретический анализ по определению микрогеометрии поверхности трения, которая обеспечивала бы распределение температуры трущейся поверхности, близкое к равномерному. Таким образом, выбором микрогеометрии поверхности трения можно добиться снижения температуры.

В качестве управляющих переменных используем параметры микрогеометрии поверхности трения. В качестве математической модели принимаем дифференциальные уравнения термоупругости с соответствующими граничными условиями, которым должны компоненты тензора напряжений и вектора перемещений в накладке и тормозном барабане, а также кинетическое уравнение абразивного износа материалов накладки и барабана.

Считается, что к внутренней поверхности барабана с механическими характеристиками G_1 (модуль упругости) и μ_1 (коэффициент Пуассона материала) прижимается накладка с характеристиками G и μ . Область контакта занимает всю ширину накладки и не меняется в процессе торможения.

Предполагаем, что выполняются условия плоской деформации. Отнесем наладку к полярной системе координат $r\theta$, выбрав начало координат в центре концентрических окружностей L_0 и L с радиусами R_0 и R соответственно. Представим неизвестную границу наружного контура накладки L' в виде

$$r = \rho(\theta), \quad \rho(\theta) = R + \varepsilon H(\theta),$$

$$H(\theta) = \sum_{k=0}^{\infty} (a_k^0 \cos k\theta + b_k^0 \sin k\theta),$$

в которой функция $H(\theta)$ подлежит определению, $\varepsilon = R_{\max}/R$ — малый параметр, R_{\max} — наиболь-

шая высота впадины (выступа) неровности профиля накладки.

Аналогично, неизвестный заранее внутренний контур барабана близок круговому и может быть представлен в виде

$$\rho_1(\theta) = R_1' + \varepsilon H_1(\theta),$$

$$H_1(\theta) = \sum_{k=0}^{\infty} (a_k^1 \cos k\theta + b_k^1 \sin k\theta),$$

в которой функция $H_1(\theta)$ также подлежит определению при решении задачи оптимизации.

Требуется определить микрогеометрию поверхности трения, т. е. функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$, при которых обеспечивалось бы равномерное распределение температуры на контактной поверхности трущейся пары.

Для нахождения микрогеометрию поверхности нужно постановку задачи дополнить условием, позволяющим определить искомые функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$. В качестве такого условия принимаем распределение температуры на трущейся поверхности, близкое к равномерному. Это дополнительное условие позволяет определить искомые функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$.

Метод решения. Для решения поставленной задачи оптимизации сначала решается износостойкая задача о вдавливании накладки в поверхность барабана.

Условие, связывающее перемещения накладки и барабана, имеет вид

$$v_1 + v_2 = \delta(\theta) \quad (|\theta| \leq \theta_0) \quad (1)$$

Здесь $\delta(\theta)$ — осадка точек поверхности накладки и барабана, определяемая формой поверхности накладки и барабана, а также величиной прижимающей силы P ; $2\theta_0$ — угол обхвата фрикционных накладок.

В зоне контакта действуют нормальное давление $p(\theta, t)$ и касательное усилие, связанное с контактным давлением по закону Амонтона — Кулона.

Усилия трения $\tau_{r\theta}(\theta, t)$ способствуют тепловыделению в области контакта. Общее количество тепла в единицу времени пропорционально мощности сил трения. Количество тепла, выделяемое в единицу времени на единичной площади контакта с координатой θ , будет $Q(\theta, t) = Vfp(\theta, t)$, где V — скорость движения автомобиля в момент торможения; f — коэффициент трения пары. Общее количество тепла $Q(\theta, t)$ будет расходоваться следующим образом: поток тепла в наладку $Q(\theta, t)$ и поток тепла на повышение температуры барабана $Q_b(\theta, t)$.

КОНСТРУКЦИЯ

Для перемещений накладки и барабана имеем

$$v_1 = v_{1e} + v_{1r} + v_{1w}, \quad v_2 = v_{2e} + v_{2r} + v_{2w}$$

где v_{1e} — термоупругие перемещения точек контактной поверхности накладки; v_{1r} — перемещения, вызванные смятием микровыступов поверхности накладки; v_{1w} — перемещения, вызванные изнашиванием поверхности накладки; v_{2e} , v_{2r} , v_{2w} — тоже для барабана.

Для определения v_{1e} , v_{1r} и v_{2e} , v_{2r} решаются задачи термоупругости для накладки и барабана, соответственно. Коэффициенты теплопроводности материала в осевом, окружном и радиальном направлении приняты одинаковыми и независимыми от координат и температуры. Накладка моделируется круговым (кривым) бруском с сечением, близким к узкому прямоугольнику (рисунок). Для накладки имеем

$$\Delta T = 0,$$

$$\text{при } r = p(\theta) \quad \lambda \frac{\partial T}{\partial n} = -Q_*,$$

$$T = T_c \text{ при } r = R_0,$$

$$T = T_c \text{ при } \theta = 0; \quad T = T_c \text{ при } \theta = 2\theta_0,$$

$$\text{при } r = p(\theta) \quad \sigma_n = -p(\theta), \quad t_{nt} = -fp(\theta),$$

$$\text{при } r = R_0, \quad v_r = 0, \quad v_\theta = 0.$$

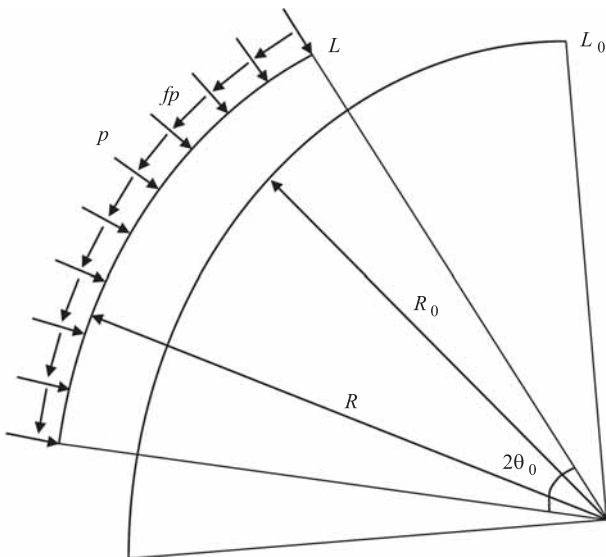


Рис. 1. Схема расчета оптимальной микрогеометрии поверхности трения фрикционной накладки

На прямолинейных концах накладки граничные условия принимаются в виде

$$\int_{R_0}^R \sigma_\theta dr = 0, \quad \int_{R_0}^R \tau_{r\theta} dr = 0, \quad \int_{R_0}^R \sigma_\theta r dr = 0 \quad \text{при } \theta = \pm\theta_0,$$

где λ — коэффициент теплопроводности материала накладки; Δ — оператор Лапласа; T — температурная функция; T_c — температура окружающей среды; n , t — нормаль и касательная к наружной поверхности накладки; v_r , v_θ — радиальная и касательная составляющие вектора перемещений точек L соответственно; σ_r , σ_θ , $\tau_{r\theta}$ — компоненты тензора напряжений.

Аналогично ставится задача термоупругости для определения перемещений v_{2e} , v_{2r} контактной поверхности барабана.

Для определения v_{1w} и v_{2w} используется кинетическое уравнение изнашивания материала для накладки и барабана [28, 29].

Температурные функции, напряжения и перемещения в накладке и барабане, а также контактное давление ищем в виде разложений по малому параметру, в которых пренебрегаем членами, содержащими степени ε выше первой. Значения компонент напряжений при $r = p(\theta)$ найдем, разлагая в ряд выражения для напряжений в окрестности $r = R$.

С помощью метода возмущений для граничной задачи термоупругости получаем последовательность краевых задач для накладки с круговыми границами для внутренней и внешней поверхности [30]. Каждое из приближений удовлетворяет системе дифференциальных уравнений плоской термоупругости. Решение краевой задачи теории теплопроводности в каждом приближении ищется методом разделения переменных. При решении задачи термоупругости в каждом приближении используется термоупругий потенциал перемещений и метод степенных рядов.

На основе полученного решения задачи термоупругости и интегрирования кинетического уравнения изнашивания материала накладки в нулевом приближении находим перемещения v_1^0 ее контактной поверхности. Аналогично решается задача термоупругости для тормозного барабана. На основе полученного решения задачи термоупругости для тормозного барабана и кинетического уравнения изнашивания материала барабана в нулевом приближении, находится перемещение v_2^0 его контактной поверхности.

Найденные величины v_1^0 и v_2^0 подставляются в основное контактное условие (1) в нулевом

приближении. Алгебраизацию основного контактного уравнения проведем аналогично [15]. В результате получаем бесконечную алгебраическую систему относительно α_k^0 ($k = 0, 1, 2, \dots$), β_k^0 ($k = 1, 2, \dots$) и α_k^1, β_k^1 и т. д. Полученные системы позволяют численными методами найти температуру, контактное давление в нулевом приближении.

Аналогично строится решение износоконтактной задачи в первом приближении. Повторяя процедуру построения алгебраических систем для нахождения искоемых коэффициентов, получаем бесконечную алгебраическую систему относительно $\alpha_{k,0}^1$ ($k = 0, 1, 2$), $\beta_{k,0}^1$ ($k = 0, 1, 2$) и $\alpha_{k,1}^1, \beta_{k,1}^1$ и т. д.

В правые части бесконечных алгебраических систем входят коэффициенты $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ разложения функций $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$. При известных функциях $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$ полученные системы дают возможность найти температуру, контактное давление, напряжения и износ пары. Полученная алгебраическая система уравнений пока не является замкнутой.

Для построения недостающих уравнений требуем равномерного распределения температуры на контактной поверхности. Распределение избыточной температуры на контактной поверхности накладки $T_{\text{пов}}$ имеет вид

$$T_{\text{пов}} = T_{|r=R}^{(0)} + \varepsilon \left[H(\theta) \frac{\partial T^{(0)}}{\partial r} + T^{(1)}(\theta) \right]_{|r=R}.$$

Здесь

$$T_{|r=R}^{(0)} = \sum_{k=1}^{\infty} \left[C_{10}^{(k)} R^{\pi k / 2\theta_0} + C_{20}^{(k)} R^{-\pi k / 2\theta_0} \right] \sin \frac{\pi k}{2\theta_0} \theta,$$

$$T_{|r=R}^{(1)} = \sum_{k=1}^{\infty} \left[C_{11}^{(k)} R^{\pi k / 2\theta_0} + C_{21}^{(k)} R^{-\pi k / 2\theta_0} \right] \sin \frac{\pi k}{2\theta_0} \theta,$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial T^{(0)}}{\partial r} \Big|_{r=R} = \\ & = \sum_{k=1}^{\infty} \left[C_{10}^{(k)} R^{(\pi k / 2\theta_0 - 1)} - C_{20}^{(k)} R^{(-\pi k / 2\theta_0 - 1)} \right] \frac{\pi k}{2\theta_0} \sin \frac{\pi k}{2\theta_0} \theta. \end{aligned}$$

Формула для температуры поверхности трения, которую символически можно записать в виде

$$T(\theta, t) = F(\theta, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1), \quad (2)$$

$$k = 1, 2, \dots, m,$$

показывает, что температура линейно зависит от искоемых коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ рядов Фурье функций $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$.

Для построения недостающих алгебраических уравнений для нахождения коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ функций $H(\theta), H_1(\theta)$ используем принцип наименьших квадратов.

Температура поверхности трения является независимой переменной θ и $(4m + 2)$ параметра $a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1$. Время считается свободным параметром. Параметры $a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1$ постоянны (в общем случае зависят от времени), но заранее неизвестны и подлежат определению. Для отыскания неизвестных параметров производим ряд вычислений.

Разобьем отрезок $[-\theta_0, \theta_0]$ изменения θ на M частей, где $M > 4m + 2$.

$$\theta_i = -\theta_0 + i\Delta\theta, \quad \Delta\theta = \frac{2\theta_0}{M},$$

$$T(\theta_i, t) = F(\theta_i, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1), \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, M.$$

Найдем такие значения неизвестных параметров, которые будут обеспечивать значениям функции поверхностной температуры (3) постоянное значение наилучшим образом. Пусть \bar{T} будет оптимальное значение температуры на поверхности трения накладки и барабана. Величина \bar{T} заранее неизвестна и нуждается в определении в процессе решения задачи.

Согласно принципу наименьших квадратов наиболее вероятными значениями параметров будут такие, при которых сумма квадратов отклонений ε_i будет наименьшей:

$$U = \sum_{i=1}^M \left[F(\theta_i, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1) - \bar{T} \right]^2 \rightarrow (4)$$

$$\rightarrow \min.$$

Для любого момента времени рассматриваем $a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1$ ($k = 1, 2, \dots, m$) и \bar{T} как независимые переменные и приравниваем к нулю частные производные от левой части (4) по этим переменным. В результате получим $(4m + 3)$ уравнений с $(4m + 3)$ неизвестными:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial a_0^0} &= 0, \quad \frac{\partial U}{\partial a_k^0} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial b_k^0} = 0, \\ \frac{\partial U}{\partial \bar{T}} &= 0, \quad \frac{\partial U}{\partial a_0^1} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial a_k^1} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial b_k^1} = 0, \end{aligned} \quad (5)$$

$$k = 1, 2, \dots, m.$$

Так как функция $F(\theta_i, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1)$ линейна относительно неизвестных параметров, составление и решение системы (5) значительно

КОНСТРУКЦИЯ

Значения коэффициентов Фурье для оптимальной шероховатости, мкм

	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
$V = 50$ км/ч											
1	0,471	0,415	-0,390	0,359	0,168	0,182	0,463	0,315	-0,265	0,228	0,177
2	0,409	0,328	0,302	-0,307	0,243	0,204	0,401	0,311	0,254	0,189	0,106
$V = 80$ км/ч											
1	0,507	0,469	-0,358	0,280	0,214	0,119	0,482	0,323	-0,226	0,135	0,114
2	0,351	0,220	0,179	-0,162	0,142	0,127	0,116	0,095	0,074	0,048	0,023

упрощается. Система (5) уравнений замыкает бесконечную алгебраическую систему износ-контактной задачи и совместно с ней должна решаться для фиксированных значений времени.

Анализ результатов моделирования. Совместное решение полученных систем уравнений позволяет найти приближенные значения коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1, \alpha_k, \beta_k$ и \bar{T} . В рассматриваемой задаче имеется много свободных параметров. Это различные геометрические размеры накладки и тормозного барабана, их теплофизические и механические характеристики, скорость движения автомобиля. Для численной реализации предложенного метода были проведены расчеты применительно к тормозным механизмам грузового автомобиля КамАЗ-5320. В качестве постоянных параметров были приняты: $R = 0,19$ м; $h_H = 0,016$ м — толщина накладки; $b_H = 0,14$ м — ширина накладки; $R_8 = 0,2$ м; $R_8^H = 0,25$ м — наружный радиус барабана; $f = 0,35$; $K_1 = 1,5 \cdot 10^{-6}$; $K_2 = 2 \cdot 10^{-8}$ — коэффициенты износостойкости материала накладки и барабана; $E = 6,9 \cdot 10^3$ МПа; $E_1 = 1,8 \cdot 10^5$ МПа; $\mu = 0,4$; $\mu_1 = 0,3$ для серого чугуна материала барабана. Строка 1 относится к шероховатости накладки.

Были найдены значения параметров управления (коэффициенты $a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1$) в зависимости от физико-механических характеристик пары трения для разных моментов времени. В разложении искомых функций $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$ ограничивались $k = 5$ членами. Результаты расчета по определению микрогеометрии контактной поверхности трения в начальный момент $t = 0$ (для различных скоростей движения автомобиля при торможении) приведены в таблице.

Выводы. Найденное решение поставленной задачи позволяет на стадиях проектирования и изготовления выбирать микрогеометрию поверхности трения фрикционной пары "бара-

бан—накладка", обеспечивающую равномерное распределение температуры на поверхности контакта. Это дает возможность повысить надежность и долговечность тормозного механизма грузового автомобиля.

Обозначения

$p(\theta, t)$ — контактное давление между накладкой и барабаном при торможении; ε — малый параметр; $H(\theta)$ — функция, описывающая микрогеометрию наружной поверхности накладки; $H_1(\theta)$ — функция, описывающая микрогеометрию внутренней поверхности тормозного барабана; R и R_0 — радиусы окружностей контуров L и L_0 , соответственно; a_k^0, b_k^0 — коэффициенты ряда Фурье функции $H(\theta)$; a_k^1, b_k^1 — коэффициенты ряда Фурье функции $H_1(\theta)$; $\rho(\theta)$ — функция, описывающая наружную поверхность накладки; f — коэффициент трения фрикционной пары; t — время; V — скорость движения автомобиля в момент торможения; $\alpha_k^0, \beta_k^0, \alpha_{k,0}^0, \beta_{k,0}^0, \alpha_k^1, \beta_k^1, \alpha_{k,1}^0, \beta_{k,1}^0$ — коэффициенты ряда Фурье для функций определяющих контактное давление; $T(r, \theta)$ — температурная функция; λ — коэффициент теплопроводности материала накладки; \bar{T} — оптимальная температура на поверхности трения; R_{\max} — наибольшая высота неровности поверхности накладки; Δ — оператор Лапласа; $Q_*(\theta, t)$ — поток тепла на повышение температуры накладки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балакин В. А., Сергиенко В. П., Родзевич П. Е., Лысенко Ю. В. Сравнительный анализ тепловой нагруженности тормозов грузовых автомобилей // Трение и износ. — 2001. — Т. 22. — № 2. — С. 123—126.
2. Dufrenoy P., Weichert D. A thermomechanical model for the analysis of disc brake fracture mechanisms

- // Journal of Thermal Stresses. — 2003. — Vol. 26. Issue 8. — P. 815–828.
3. **Балакин В. А., Сергиенко В. П., Чаус В. П., Иванов А. А.** Влияние износа на тепловой режим работы тормоза // Трение и износ. — 2005. — Т. 26. — № 6. — С. 571–574.
 4. **Исследование** теплового режима пар трения многодискового тормоза / В. П. Сергиенко, М. Ю. Целуев, В. И. Колесников, А. П. Сычев, В. А. Савочник, В. И. Янучковский // Трение и износ. — 2013. — Т. 34. — № 6. — С. 555–564.
 5. **Rashid A., Strömberg N.** Sequential simulation of thermal stresses in disc brakes for repeated braking // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: J. of Engineering Tribology. — 2013. — Vol. 227. Issue 8. — P. 919–929.
 6. **Термические** напряжения в ободах тормозных барабанов автотранспортных средств / А. И. Вольченко, М. В. Киндрачук, И. О. Бекиш, В. Я. Малык, В. И. Снурников // Проблемы трения и изнашивания. — 2015. — № 4 (69). — С. 28–37.
 7. **Belhocine A., Abu Bakar A., Bouchetara M.** Thermal and structural analysis of disc brake assembly during single stop braking event // Australian J. of Mechanical Engineering. — 2016. — Vol. 14. Issue 1. — P. 26–38.
 8. **Yevtushenko A., Kuciej M., Och E., Yevtushenko O.** Effect of the thermal sensitivity in modeling of the frictional heating during braking // Advances in Mechanical Engineering. — 2016. — Vol. 8. Issue 12. — P. 10.
 9. **Yevtushenko A., Kuciej M., Och E.** Modeling of the temperature regime and stress state in the thermal sensitive pad-disk brake system // Advances in Mechanical Engineering. — 2018. — Vol. 10. Issue 6. — P. 12.
 10. **Modanloo A., Taleae M. R.** Analytical thermal analysis of advanced disk brake in high speed vehicles // Mechanics of Advanced Materials and Structures. — 2020. — Vol. 27. Issue 3. — P. 209–217.
 11. **Subel J., Kienhöfer F. W.** Thermal comparison of heavy vehicle wheel assemblies under alpine braking // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. — 2020. — Vol. 234. Issue 1. — P. 28–38.
 12. **Коровчинский М. В.** Локальный термический контакт при квазистационарном тепловыделении в процессе трения // В кн.: Теория трения и износа. — М.: Наука, 1965. — С. 73–81.
 13. **Newcomb T. P.** Energy dissipated during braking // Wear. — 1980. — Vol. 32. Issue 2. — P. 401–407.
 14. **Чичинадзе А. В., Матвеевский Р. М., Браун Э. Д.** Материалы в триботехнике нестационарных процессов. — М.: Наука, 1986.
 15. **Мирсалимов В. М.** Обратная износоконтактная задача для фрикционной пары // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2008. — Т. 37. — № 1. — С. 62–69.
 16. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Минимизация контактного давления для фрикционной пары "втулка—вал" // Трение и износ. — 2015. — Т. 36. — № 5. — С. 529–535.
 17. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Минимизация абразивного износа внутренней поверхности втулки фрикционной пары // Трение и износ. — 2016. — Т. 37. — № 5. — С. 551–557.
 18. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Оптимальное проектирование фрикционной пары "втулка—плунжер" // Трение и износ. — 2017. — Т. 38. — № 5. — С. 454–460.
 19. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Inverse problems of damage mechanics for a hub of a friction pair // International Journal of Damage Mechanics. — 2018. — Vol. 27. Issue 1. — P. 82–96.
 20. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Минимизация теплового состояния втулки фрикционной пары с помощью критерия равномерного распределения температуры на поверхности трения // Трение и износ. — 2018. — Т. 39. — № 5. — С. 514–522.
 21. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Minimization of the thermal state of the hub of a friction pair // Engineering Optimization. — 2018. — Vol. 50. Issue 4. — P. 651–670.
 22. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Minimization of stress state of a hub of friction pair // Advances in Mathematical Physics. — 2018. — Vol. 2018. Article ID 8242614. — 10 P.
 22. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Inverse wear contact problem of the friction unit // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. — 2018. — Vol. 232. Issue 22. — P. 4216–4226.
 23. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Оптимальное проектирование узла трения с равномерным контактным давлением // Трение и износ. — 2019. — Т. 40. — № 6. — С. 740–749.
 24. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Inverse problem of contact fracture mechanics for a hub of friction pair taking into account thermal stresses // Mathematics and Mechanics of Solids. — 2019. — Vol. 24. Issue 6. — P. 1763–1781.
 25. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Optimum problem on wear decrease for a hub of friction pair // Mechanics of Advanced Materials and Structures. — 2020. — Vol. 27. Issue 5. — P. 353–363.
 26. **Мирсалимов В. М., Гасанов Ш. Г., Гейдаров Ш. Г.** Износоконтактная задача о вдавливании колодки с фрикционной накладкой в поверхность барабана // Труды XII Международной научнотехнической конференции, посвященной 80-летию ИМАШ РАН "Трибология — машиностроению". — Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. — С. 341–344.
 27. **Горячева И. Г., Добычин М. Н.** Контактные задачи в трибологии. — М.: Машиностроение. — 1988. — 256 с.
 28. **Горячева И. Г.** Механика фрикционного взаимодействия. — М.: Наука. — 2001. — 478 с.
 29. **Мусхелишвили Н. И.** Некоторые основные задачи математической теории упругости. — М.: Наука. — 1966. — 707 с.

УДК 621.436

DOI: 10.36652/2073-8323-2020-10-09-16

В. А. Марков, д-р техн. наук проф., e-mail: vladimir.markov58@yandex.ru,

В. Л. Трифонов, ст. преп., **И. Г. Маркова**, канд. техн. наук., доцент, **А. С. Землемерова**,

МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Проведено расчетное исследование рабочего процесса дизеля типа Д-245 (4 ЧН 11/12,5) производства Минского моторного завода. Исследовано влияние степени сжатия, угла опережения впрыскивания топлива и фаз газораспределения на показатели топливной экономичности исследуемого дизельного двигателя. Определены оптимальные значения параметров дизеля на различных режимах его работы.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, дизельный двигатель, топливная экономичность, степень сжатия, угол опережения впрыскивания топлива, фазы газораспределения.

A calculating study of the working process of the D-245 diesel engine (4 ChN 11/12,5) produced by the Minsk motor plant is carried out. The influence of compression ratio, fuel injection advance angle and gas distribution phases on the fuel efficiency indicators of the diesel engine under consideration is studied. The optimal values of the diesel engine parameters in various modes of operation are determined.

Keywords: internal combustion engine, diesel engine, fuel efficiency, compression ratio, fuel injection advance angle, gas distribution phases

Наиболее актуальными проблемами современного двигателестроения является обеспечение наилучших показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [1–3]. Необходимость экономного расходования топлива обусловлена продолжающимся истощением мировых запасов нефти, повышением цен на нефтепродукты и ростом выбросов в атмосферу основного парникового газа — диоксида углерода (углекислого газа) CO_2 [4, 5].

Автомобильные ДВС эксплуатируются в условиях интенсивного городского движения, для которых характерна работа двигателя в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов. Причем большую часть времени двигатели работают на пониженных скоростных режимах, на режимах малых нагрузок и холостого хода [6–8]. Значительная часть времени работы этих двигателей приходится на неустановившиеся режимы (переходные процессы разгонов и торможений). Все это приводит к тому, что топливная экономичность силовой установки автомобиля резко ухудшается — возрастает удельный эффективный расход топлива, снижается эффективный коэффициент полезного действия (КПД).

Параметры рабочего процесса дизеля

Кардинально снизить эксплуатационный расход топлива автомобильных дизелей можно лишь при комплексной оптимизации рабоче-

го процесса двигателя. Оптимизации подлежат такие важнейшие параметры, как степень сжатия, угол опережения впрыскивания топлива, фазы газораспределения, оказывающие значительное влияние на показатели топливной экономичности двигателя [1, 3, 9–11]. Причем, оптимизация этих параметров должна быть комплексной (взаимосвязанной).

При работе поршневых ДВС на режимах с частичной нагрузкой топливную экономичность можно улучшить путем увеличения степени сжатия ε . В бензиновых двигателях степень сжатия выбирается, в первую очередь, из условия бездетонационной работы. Этот метод повышения топливной экономичности весьма привлекателен и для дизелей. Повышение степени сжатия приводит к увеличению эффективного КПД двигателя η_e , а следовательно, к росту среднего эффективного давления p_e (рис. 1) [9].

В двигателях традиционных конструкций степень сжатия является постоянной величиной и устанавливается следующим образом. Как отмечено выше, в двигателях с искровым зажиганием максимальная величина ε ограничивается детонацией, так как после возникновения детонации, помимо увеличения механических нагрузок, снижается индикаторный КПД η_i и топливная экономичность двигателя ухудшается. Выбор степени сжатия осуществляется на наиболее форсированном по цикловой подаче топлива режиме —

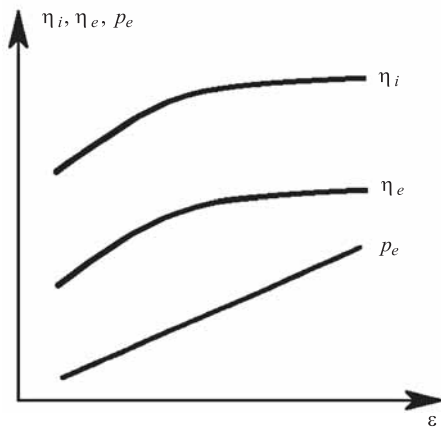


Рис. 1. Зависимость индикаторного η_i и эффективного η_e КПД двигателя, среднего эффективного давления p_e от степени сжатия ε

на режиме максимального крутящего момента. Но выбранное таким образом значение ε не обеспечивает наилучшую топливную экономичность двигателя на режимах с частичными нагрузками. Поэтому на этих режимах с целью улучшения топливно-экономических показателей двигателя степень сжатия желательно повысить.

В дизелях максимальное значение степени сжатия выбирается из условия обеспечения надежного пуска двигателя. При этом выбранная величина степени сжатия, как правило, выше значения ε , которое соответствует наилучшей топливной экономичности двигателя, особенно на режимах с неполной нагрузкой, а также на режимах холостого хода. По этой причине в дизелях после их пуска желательно снизить ε , особенно если дизели имеют наддув, поскольку у таких двигателей резко повышаются механические напряжения из-за повышения максимального давления сгорания p_z .

Определяющее влияние на показатели топливной экономичности дизелей оказывает процесс топливоподачи. При этом важнейшей характеристикой процесса топливоподачи являются его фазы [10]. Достижение требуемых показателей современных дизелей возможно только при реализации оптимальных фаз топливоподачи. Практика автомобильного двигателестроения свидетельствует о том, что фазы топливоподачи, оптимальные для номинального режима, не всегда являются оптимальными для других скоростных и нагрузочных режимов. Это обусловлено тем, что на различных эксплуатационных режимах работы время, отводимое на процесс сгорания, существенно изменяется. Поэтому требуется корректирование (регулирование) фаз топливоподачи в соответствии с режимом работы дизеля.

При этом важнейшим параметром топливоподачи является угол опережения впрыскивания топлива (УОВТ), который оказывает значительное влияние на показатели топливной экономичности, динамики процесса сгорания и токсичности ОГ. Для оценки влияния УОВТ на показатели топливной экономичности и токсичности ОГ дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5) в работе [10] проведены расчетные исследования с использованием программного комплекса (ПК) ДИЗЕЛЬ-РК. Зависимости показателей этого дизеля от УОВТ на номинальном режиме (режим максимальной мощности) при частоте вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ с объемной цикловой подачей нефтяного дизельного топлива (ДТ) $q_{ц} = 80 \text{ мм}^3$ или массовой подачей $g_{ц} = 67 \text{ мг}$ представлены на рис. 2.

Расчетные исследования показателей указанного дизеля проведены в диапазоне изменения статического УОВТ, фиксируемого по подъему нагнетательного клапана топливного насоса высокого давления (ТНВД), в диапазоне $\theta_{\text{стат}} = 6...21^\circ$ поворота коленчатого вала до верхней

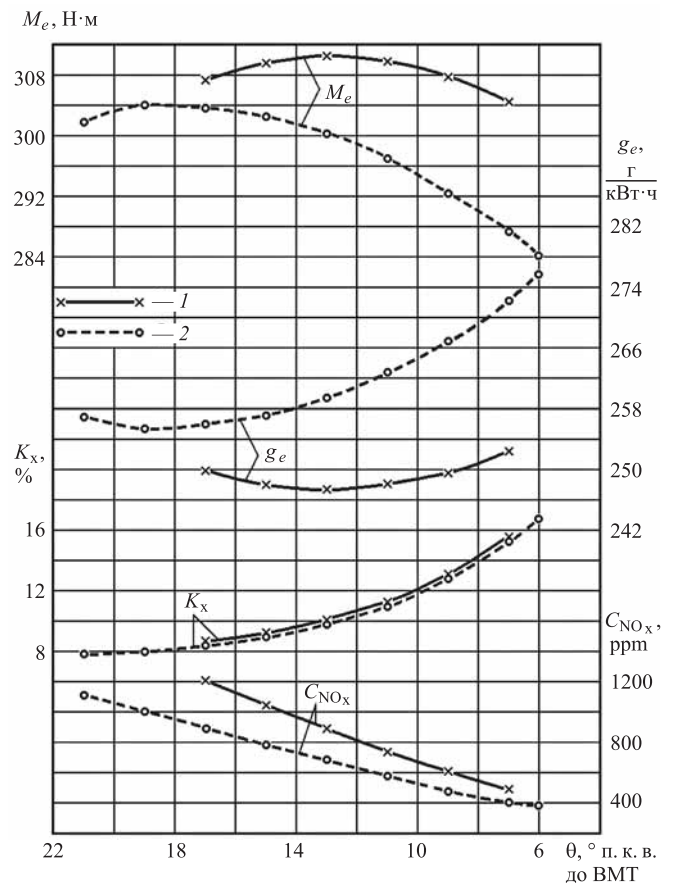


Рис. 2. Зависимость показателей дизеля Д245.12С от УОВТ при его работе на номинальном режиме на нефтяном ДТ (1) и на смеси 80 % (объем.) ДТ и 20 % РМ (2)

мертвой точки (п.к.в. до ВМТ). Это соответствует изменению динамического УОВТ, фиксируемого по подъему иглы форсунки, в диапазоне $\theta_{\text{дин}} = 0 \dots 15^\circ$ п.к.в. до ВМТ. Данные рис. 2 показывают, что оптимальный с точки зрения топливной экономичности статический УОВТ составляет $\theta = 13^\circ$ п.к.в. до ВМТ. Аналогичные расчетные исследования проведены и для дизеля, работающего на смеси 80 % нефтяного ДТ и 20 % рапсового масла (РМ). Результаты этих исследований свидетельствуют о том, что при работе на смесевых биотопливах оптимум по топливной экономичности смещается в область более ранних впрыскиваний. Для смеси 80 % ДТ и 20 % РМ оптимальный с точки зрения топливной экономичности статический УОВТ составляет $\theta = 19^\circ$ п.к.в. до ВМТ, т. е. смещается на $\Delta\theta = 6^\circ$ п.к.в. в область больших УОВТ.

По рис. 2 следует отметить известное противоречие, возникающее при минимизации основных показателей токсичности ОГ дизелей — дымности ОГ K_x и содержания в ОГ оксидов азота C_{NO_x} . С уменьшением УОВТ эмиссия оксидов азота снижается, а выброс сажи (дымность ОГ) — увеличивается. Таким образом, основные показатели топливной экономичности и токсичности ОГ дизеля находятся в сложной противоречивой зависимости от УОВТ. Это противоречие усугубляется многорежимностью работы автомобильных дизелей, поскольку характер зависимости от УОВТ удельного эффективного расхода топлива g_e (эффективного КПД η_e), дымности ОГ K_x и концентрации в ОГ оксидов азота C_{NO_x} изменяется при смене скоростного и нагрузочного режимов дизеля.

Еще одним параметром дизелей, оказывающим значительное влияние на показатели их топливной экономичности и токсичности ОГ, являются фазы газораспределения — моменты начала открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов. При смене скоростного и нагрузочного режимов работы кинетическая энергия потока воздуха во впускной системе и потока ОГ в выпускной системе дизеля волновые процессы в них существенно изменяются. Соответствующим подбором углов открытия и закрытия впускного и выпускного клапанов на каждом эксплуатационном режиме можно обеспечить наилучшее протекание рабочего процесса дизеля, снижение токсичности ОГ и повышение топливной экономичности.

При отсутствии в дизеле системы регулирования фаз газораспределения реализуется фиксированный момент открытия и закрытия впускного и выпускного клапанов. Это приводит к тому, что стремление с помощью фаз газораспределения обеспечить

требуемые показатели топливной экономичности и токсичности ОГ на режимах с высокой частотой вращения коленчатого вала и полной нагрузкой приводит к неизбежному ухудшению названных показателей на других эксплуатационных режимах, к повышенным оборотам коленчатого вала двигателя на режиме минимального холостого хода.

Оптимизация фаз газораспределения обычно проводится на основании предварительно полученных регулировочных характеристик дизеля по углу открытия и закрытия впускного и выпускного клапанов системы газораспределения ДВС. Одним из эффективных средств снижения выбросов оксидов азота в атмосферу с ОГ дизелей рассматривается регулирование момента закрытия впускных клапанов. Результаты экспериментального исследования одноцилиндрового дизеля семейства КамАЗ (1 ЧН 12/12) с изменяемым моментом закрытия только впускного клапана φ_r представлены на рис. 3 [11]. Рассмотрен номи-

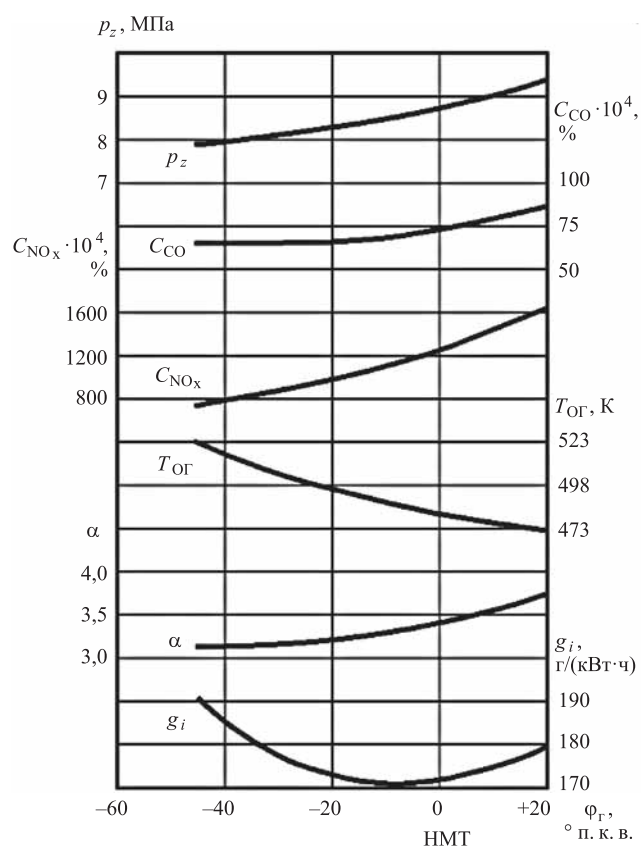


Рис. 3. Зависимость показателей работы дизеля семейства КамАЗ — максимального давления сгорания p_z , температуры ОГ $T_{ог}$, коэффициента избытка воздуха α , удельного индикаторного расхода топлива g_i , объемно-массового содержания в ОГ оксидов азота C_{NO_x} и монооксида углерода C_{CO} от угла закрытия впускного клапана φ_r

нальный скоростной режим ($n_{\text{ном}} = 2200 \text{ мин}^{-1}$) с неполной подачей топлива, с окончанием закрытия впускного клапана, варьируемым от -45° п.к.в. до нижней мертвой точки (НМТ) до $+20^\circ$ п.к.в. после НМТ, и неизменным моментом начала открытия этого клапана, равным 20° п.к.в. до ВМТ. Анализ этих экспериментальных данных показал, что в пределах исследуемого диапазона момента закрытия впускного клапана параметры дизеля меняются весьма значительно. Так, температура ОГ $T_{\text{ог}}$ изменялась на 10 %, максимальное давление сгорания p_z — на 20 %, коэффициент избытка воздуха α — на 20 %, удельный индикаторный расход топлива g_i — на 10 %. При этом более раннее закрытие впускного клапана приводило к уменьшению p_z и увеличению $T_{\text{ог}}$, что связано со снижением α при сокращении продолжительности процесса впуска. Зависимость g_i от момента закрытия только впускного клапана φ_r имеет оптимум, соответствующий $\varphi_r = -10^\circ$ п.к.в. (до НМТ). С точки зрения эмиссии токсичных компонентов ОГ (оксиды азота NO_x , монооксид углерода CO) более благоприятна работа с ранним закрытием впускного клапана, что обусловлено снижением максимальных температур цикла. Это соответствует работе дизеля по циклу Миллера, при котором раннее закрытие впускного клапана обеспечивает охлаждение воздушного заряда за счет его принудительного расширения в период от момента закрытия впускного клапана до момента прихода поршня в НМТ. Следует отметить, что при снижении частоты вращения коленчатого вала дизеля влияние продолжительности впуска на показатели рабочего процесса увеличивается.

Оптимизация параметров рабочего процесса дизеля

Проведенный анализ подтвердил необходимость комплексной оптимизации степени сжатия, угла опережения впрыскивания топлива и фаз газораспределения с целью улучшения показателей автомобильного дизеля. В общем случае, такая оптимизация является многокритериальной оптимизационной задачей [12, 13]. При ее решении необходимо учитывать как показатели топливной экономичности, так и показатели токсичности ОГ. В качестве показателей топливной экономичности обычно используются удельный эффективный расход топлива g_e или эффективный КПД двигателя η_e . Оценку токсичности ОГ дизеля целесообразно проводить либо по концентрациям в ОГ нормируемых токсичных компонентов

(оксидов азота, монооксида углерода, несгоревших углеводородов, сажи или твердых частиц), либо по удельным массовым выбросам этих токсичных компонентов ОГ. Такая оптимизация параметров двигателя (в частности, УОВТ) проведена в работах [14, 15]. Наиболее простым и распространенным из этих подходов является оптимизация параметров дизеля из условия обеспечения наименьшего эксплуатационного расхода топлива. Этот подход реализован в работах [16, 17].

Для проведения комплексной оптимизации параметров рабочего процесса дизеля использован ПК "ДИЗЕЛЬ-РК", разработанный в МГТУ им. Н. Э. Баумана [18–20]. Этот ПК прошел проверку на двигателях различной размерности, быстроходности и назначения. При этом достигалось хорошее соответствие расчетных и экспериментальных данных.

Объектом исследования являлся упомянутый выше дизель типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5) производства Минского моторного завода, применяемый в малотоннажных грузовых автомобилях. При расчетах исследовалась система топливоподачи этого дизеля со штатными распылителями типа DOP 119 S 534 фирмы Motorpal (Чехия). При расчетных исследованиях задавался закон подачи, представленный в табл. 1, формируемый кулачками ТНВД модели PP4M10U1f фирмы Motorpal (Чехия) на номинальном режиме работы дизеля с частотой вращения коленчатого вала $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ и цикловой подачей топлива $q_{\text{ц}} = 80 \text{ мм}^3$ [10].

На первом этапе расчетных исследований варьируемыми параметрами являлись степень сжатия и УОВТ. При этом степень сжатия изменялась от 12 до 19 единиц, а значение УОВТ — от -4 до 20° п.к.в. до ВМТ. В указанных диапазонах изменения обоих параметров рассчитано по десять точек (всего сто точек). Исследования проведена со следующими штатными фазами газораспределения: начало впуска — 16° п.к.в. до ВМТ, конец впуска — 42° п.к.в. после ВМТ, начало выпуска — 52° п.к.в. до НМТ, конец выпуска — 18° п.к.в. после ВМТ. В результате расчетных исследований определены оптимальные значения степени сжатия и УОВТ. На рис. 4 и 5 представлены значения некоторых параметров дизеля Д-245.12С в исследуемых диапазонах изменения степени сжатия и УОВТ. Эти данные свидетельствуют о том, что на номинальном режиме оптимальными с точки зрения топливной экономичности являются степень сжатия $\varepsilon = 18,2$ и угол опережения впрыскивания топлива $\theta = 9,00^\circ$ п.к.в. до ВМТ. При таких значениях этих параметров получены следующие

Таблица 1

Закон подачи топлива дизеля типа Д-245.12С на режиме с частотой вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ и цикловой подачей $q_{ц} = 80 \text{ мм}^3$

Угол поворота вала ϕ , ° п.к.в.	Скорость впрыскивания, $\text{м}^3/\text{с}$	Угол поворота вала ϕ , ° п.к.в.	Скорость впрыскивания, $\text{м}^3/\text{с}$	Угол поворота вала ϕ , ° п.к.в.	Скорость впрыскивания, $\text{м}^3/\text{с}$
0	0	6,0	$8,6 \cdot 10^{-5}$	12,0	$8,8 \cdot 10^{-5}$
1,0	$2,2 \cdot 10^{-5}$	7,0	$8,5 \cdot 10^{-5}$	13,0	$8,2 \cdot 10^{-5}$
2,0	$5,6 \cdot 10^{-5}$	8,0	$8,4 \cdot 10^{-5}$	14,0	$6,4 \cdot 10^{-5}$
3,0	$7,6 \cdot 10^{-5}$	9,0	$9,5 \cdot 10^{-5}$	15,0	$4,4 \cdot 10^{-5}$
4,0	$8,0 \cdot 10^{-5}$	10,0	$9,4 \cdot 10^{-5}$	16,0	0
5,0	$8,4 \cdot 10^{-5}$	11,0	$9,2 \cdot 10^{-5}$		

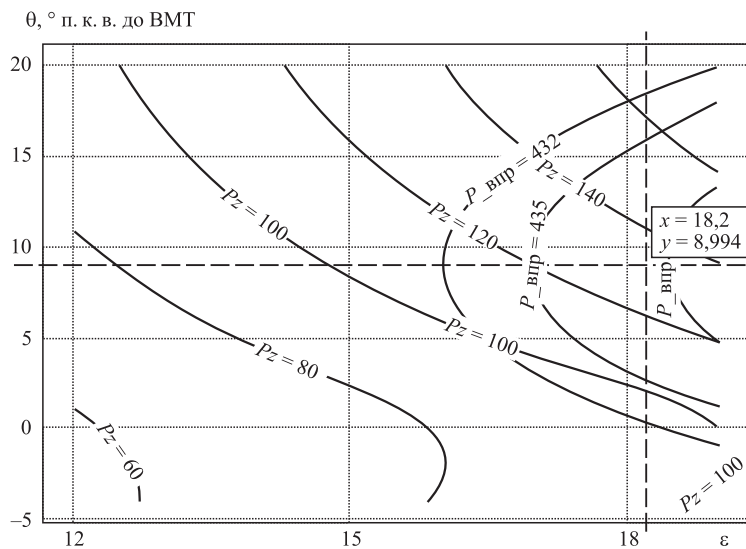


Рис. 4. Значения максимального давления впрыскивания топлива $P_{впр}$ и максимального давления сгорания P_z в исследуемых диапазонах изменения степени сжатия и УОВТ дизеля Д-245.12С

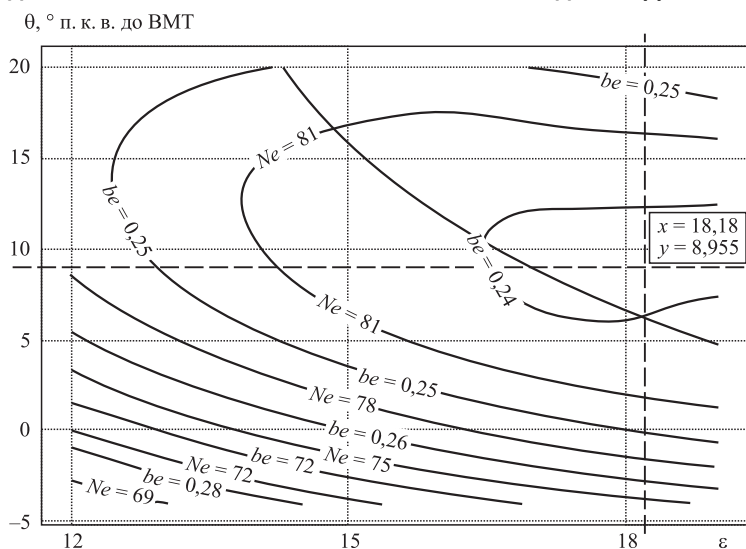


Рис. 5. Значения эффективной мощности N_e и удельного эффективного расхода топлива b_e (это обозначение принято в ПК ДИЗЕЛЬ-РК) в исследуемых диапазонах изменения степени сжатия и УОВТ дизеля Д-245.12С

значения параметров, характеризующих рабочий процесс дизеля: максимальное давление впрыскивания топлива $p_{впр} = 439,6$ бар, максимальное давление сгорания $p_z = 132,2$ бара, эффективная мощность $N_e = 83,36$ кВт, удельный эффективный расход топлива $g_e = b_e = 238,8$ г/(кВт·ч).

На втором этапе расчетных исследований варьируемыми параметрами являлись фазы газораспределения. При этом значения степени сжатия и УОВТ приняты равными $\epsilon = 18,2$ и $\theta = 9,00^\circ$ до ВМТ. На рис. 6 представлены зависимости коэффициентов наполнения и остаточных газов, давления насосных ходов и массы остаточных газов во впускном коллекторе от значений фазы перекрытия впускного и выпускного клапанов системы газораспределения дизеля Д-245.12С. На рис. 7 представлены зависимости эффективной мощности этого дизеля и удельного эффективного расхода топлива от значений фазы перекрытия впускного и выпускного клапанов системы газораспределения.

По результатам проведенных расчетных исследований рабочего процесса дизеля Д-245.12С для достижения оптимальных значений эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива были выбраны фазы газораспределения, представленные в табл. 2 и на рис. 8.

При таких оптимизированных фазах газораспределения получены следующие значения параметров дизеля Д-245.12С, характеризующих его рабочий процесс: максимальное давление впрыскивания топлива $p_{впр} = 439,6$ бар, максимальное давление сгорания $p_z = 132,6$ бара, эффективная мощность двигателя $N_e = 83,41$ кВт, среднее эффективное давление $p_e = 8,78$ бара, крутящий момент двигателя $M_e = 331,9$ Н·м,

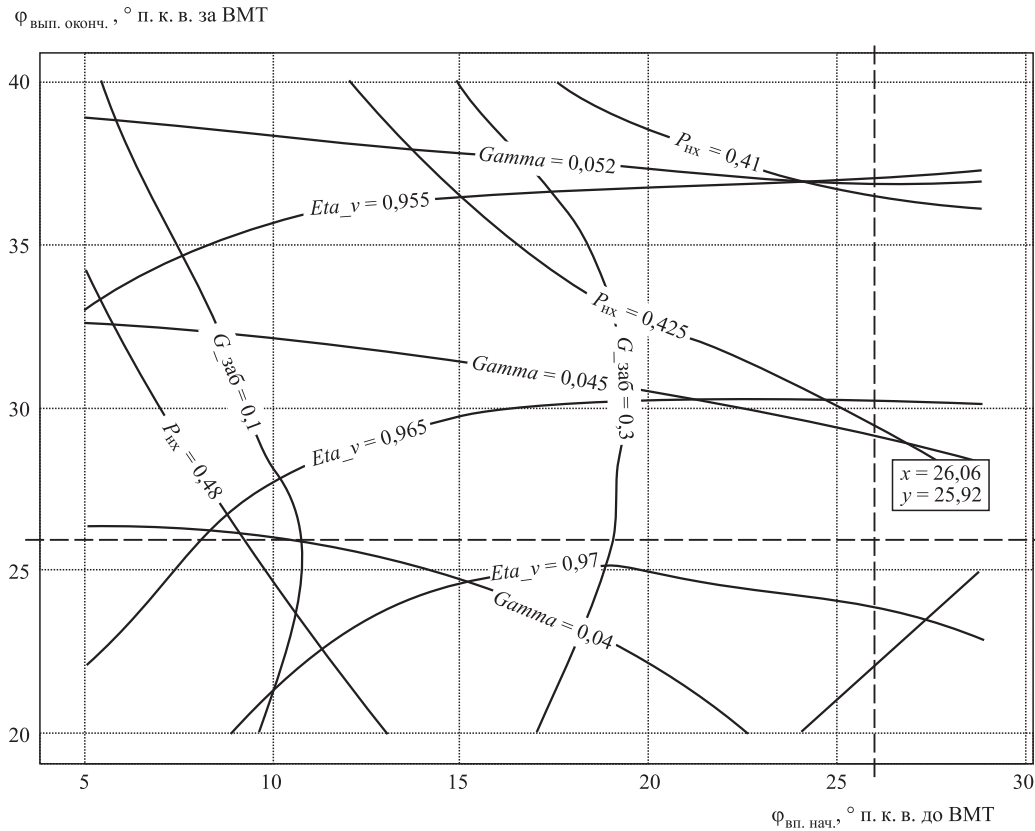


Рис. 6. Значения коэффициента наполнения (Eta_v), коэффициента остаточных газов (Gamma), давления насосных ходов ($P_{нх}$) и массы остаточных газов во впускном коллекторе ($G_{заб}$) в исследуемых диапазонах изменения угла начала открытия впускного клапана $\phi_{вп.нач}$ и угла окончания закрытия выпускного клапана $\phi_{вп.оконч}$ дизеля Д-245.12С

удельный эффективный расход топлива $g_e = b_e = 238,3 \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}$.

Внешняя скоростная характеристика (ВСХ) дизеля Д-245.12С представлена на рис. 9. Для оптимизации рабочего процесса дизеля на режимах этой характеристики были рассчитаны его показатели не только на номинальном режиме с $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, но и на других эксплуатационных режимах с частотами вращения коленчатого вала, равными 2000, 1600, 1200 мин^{-1} . Для обеспечения заданных значений коэффициента избытка воздуха на каждой из этих режимов ВСХ при заданных значениях цикловой подачи топлива на этих режимах требуется соответствующая подача

Таблица 2

Оптимизированные фазы газораспределения дизеля типа Д-245.12С

Фаза	Начало	Окончание
Впуск	26° п.к.в. до ВМТ	38° п.к.в. после НМТ
Выпуск	54° п.к.в. до НМТ	26° п.к.в. после ВМТ

воздуха. Поэтому при расчетных исследованиях кроме УОВТ θ определялись и значения степени повышения давления в компрессоре π_k системы газотурбинного наддува. Полученные расчетным путем оптимизированные по топливной экономичности значения θ и π_k представлены в табл. 3.

Таблица 3

Оптимизированные значения угла опережения впрыскивания топлива и степени повышения давления в компрессоре на режимах внешней скоростной характеристики дизеля Д-245.12С

Частота вращения n , мин^{-1}	Угол опережения впрыскивания топлива θ , ° п.к.в. до ВМТ	Степень повышения давления в компрессоре π_k
2400	9,00	1,90
2000	8,13	2,00
1600	7,09	2,21
1200	6,00	1,78

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

$\varphi_{\text{вп.оконч.}}$ ° п. к. в. за ВМТ

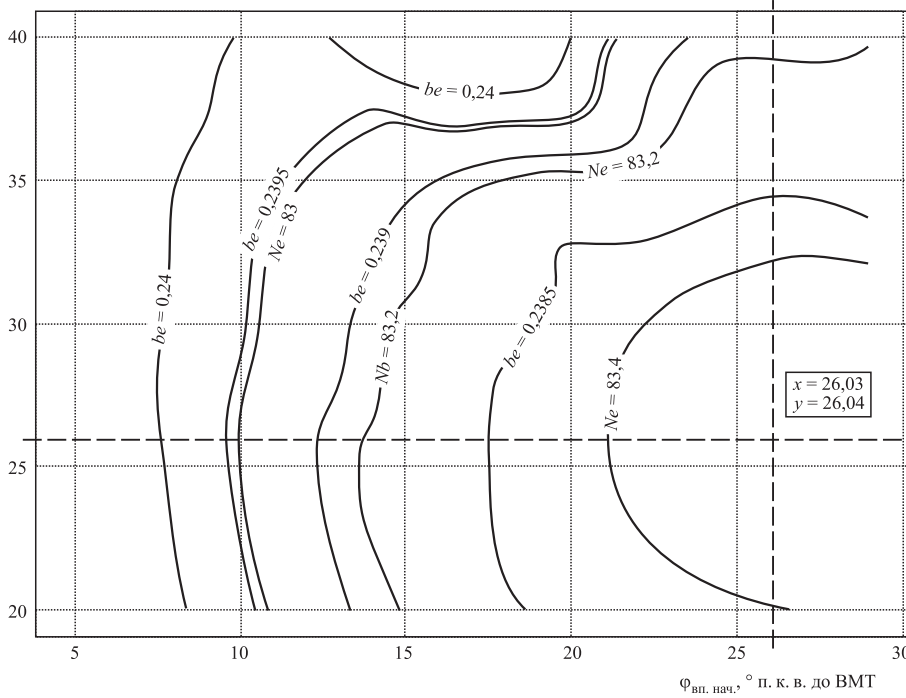


Рис. 7. Значения эффективной мощности N_e и удельного эффективного расхода топлива b_e (это обозначение принято в ПК ДИЗЕЛЬ-РК) в исследуемых диапазонах изменения угла начала открытия впускного клапана $\varphi_{\text{вп.нач}}$ и угла окончания закрытия выпускного клапана $\varphi_{\text{вп.оконч}}$ дизеля Д-245.12С

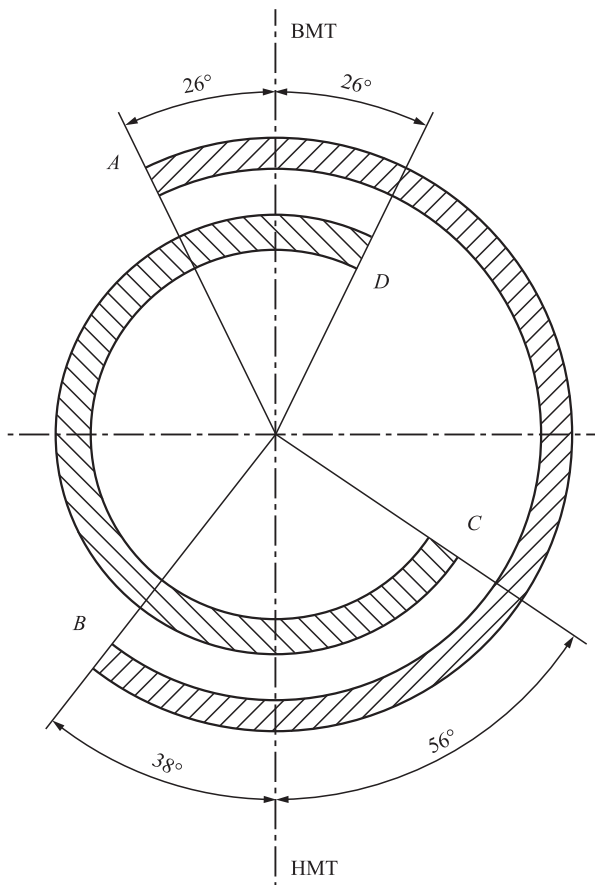


Рис. 8. Круговая диаграмма оптимизированных фаз газораспределения дизеля Д-245.12С, оптимизированная по топливной экономичности

Приведенные расчетные данные свидетельствуют о том, что при работе дизеля Д-245.12С на режимах ВСХ и снижении частоты вращения коленчатого вала n в диапазоне от 2400 до 1200 мин^{-1} для достижения наилучшей топливной экономичности необходимо уменьшать УОВТ θ в диапазоне от 9 до 6° п.к.в. до ВМТ. Это хорошо согласуется с данными работы [2] по дизелю семейства КамАЗ размерности 12/12, в котором при снижении частоты вращения n в диапазоне от 2200 до 700 мин^{-1} на режимах ВСХ наилучшую топливную экономичность обеспечивает уменьшение УОВТ θ от 18 до 13° п.к.в. до ВМТ.

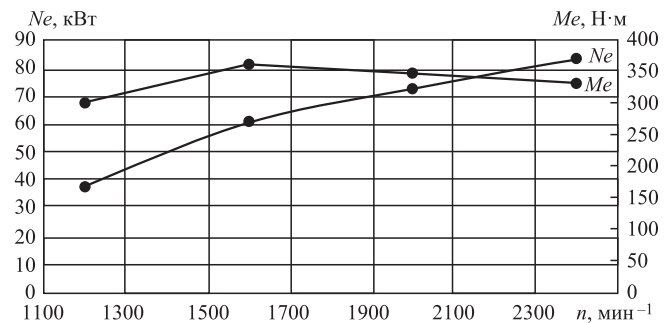


Рис. 9. Зависимость эффективной мощности N_e и крутящего момента M_e от частоты вращения коленчатого вала n дизеля Д-245.12С на режимах его внешней скоростной характеристики

Заключение

Представленные результаты проведенного комплекса аналитических и расчетных исследований параметров рабочего процесса автомобильного дизеля Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5) сводятся к следующим основным выводам:

1. Проведенный анализ подтвердил значительное влияние степени сжатия, угла опережения впрыскивания топлива и фаз газораспределения на показатели топливной экономичности дизеля.

2. С использованием программного комплекса ДИЗЕЛЬ-РК проведена комплексная оптимизация значений степени сжатия, угла опережения впрыскивания топлива и фаз газораспределения, обеспечивающая наилучшие показатели топливной экономичности дизеля Д-245.12С.

3. С точки зрения обеспечения наименьшего удельного эффективного расхода топлива на номинальном режиме работы дизеля Д-245.12С получены следующие оптимальные значения параметров дизеля — степень сжатия $\varepsilon = 18,2$, УОВТ $\theta = 9,00^\circ$ до ВМТ, фазы газораспределения: начало впуска — 26° п.к.в. до ВМТ, конец впуска — 38° п.к.в. после ВМТ, начало выпуска — 54° п.к.в. до НМТ, конец выпуска — 26° п.к.в. после ВМТ.

4. При таких оптимизированных значениях исследуемых параметров рабочего процесса дизеля Д-245.12С получены следующие значения его показателей: максимальное давление впрыскивания топлива $p_{впр} = 439,6$ бар, максимальное давление сгорания $p_z = 132,6$ бара, эффективная мощность двигателя $N_e = 83,41$ кВт, среднее эффективное давление $p_e = 8,78$ бара, крутящий момент двигателя $M_e = 331,9$ Н·м, удельный эффективный расход топлива $g_e = 238,3$ г/(кВт·ч).

5. При работе дизеля Д-245.12С на режимах ВСХ и снижении частоты вращения коленчатого вала n в диапазоне от 2400 до 1200 мин⁻¹ для достижения наилучшей топливной экономичности необходимо уменьшать УОВТ θ в диапазоне от 9 до 6° п.к.в. до ВМТ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **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.
2. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 376 с.
3. **Машиностроение.** Энциклопедия. Т. IV. Двигатели внутреннего сгорания / Л. В. Грехов, Н. А. Ивашенко, В. А. Марков и др.; Под ред.

- А. А. Александрова, Н. А. Ивашенко. — М.: Машиностроение, 2013. — 784 с.
4. **Двигатели** внутреннего сгорания: Теория рабочих процессов / В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян и др. Под ред. В. Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2005. — 479 с.
5. **Нефтяные** моторные топлива: экологические аспекты применения / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. — М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2014. — 691 с.
6. **Грехов Л. В., Ивашенко Н. А., Марков В. А.** Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для вузов. Второе издание. — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. — 344 с.
7. **Работа** дизелей в условиях эксплуатации: Справочник / А. К. Костин, Б. П. Пугачев, Ю. Ю. Кочинев. Под ред. А. К. Костина. — Л.: Машиностроение, 1989. — 283 с.
8. **Режимы** работы двигателей энергонасыщенных тракторов / Н. С. Ждановский, А. В. Николаенко, В. С. Шкрбак и др. — Л.: Машиностроение, 1981. — 240 с.
9. **Марков В. А., Трифионов В. Л., Вальехо Мальдонадо П. Р.** Регулирование степени сжатия в двигателях внутреннего сгорания // Грузовик. — 2016. — № 4. — С. 3–8.
10. **Марков В. А., Девянин С. Н., Трифионов В. Л.** Показатели дизеля, работающего на биотопливах с изменяемым углом опережения впрыскивания топлива // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. — 2015. — № 11. — С. 8–19.
11. **Марков В. А., Рязанов К. П., Зенкин А. Н., Маркова И. Г.** Регулирование фаз газораспределения и показателей транспортного дизеля // Грузовик. — 2019. — № 7. — С. 6–12.
12. **Банди Б.** Методы оптимизации. Вводный курс. — М.: Радио и связь, 1988. — 127 с.
13. **Чураков Е. П.** Оптимальные и адаптивные системы. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 256 с.
14. **Гусаков С. В.** Методика многопараметрической оптимизации дизеля по токсичности и топливной экономичности // Вестник РУДН. Инженерные исследования. — 2004. — № 1. — С. 9–11.
15. **Гусаков С. В., Патрахальцев Н. Н.** Выбор программы регулирования угла опережения впрыска, оптимизированной по экономичности и токсичности отработавших газов // Исследование двигателя и машин: Сб. — М.: Изд-во Университета дружбы народов им П. Лумумбы, 1980. — С. 18–21.
16. **Файнлейб Б. Н., Гинзбург А. М., Волков В. И.** Оптимизация угла опережения впрыска топлива // Двигателестроение. — 1981. — № 2. — С. 16–19.
17. **Марков В. А., Фурман В. В., Плахов С. В.** Совершенствование процесса топливоподачи в тепловозном дизеле // Известия ВУЗов. Машиностроение. — 2020. — № 4. — С. 62–75.
18. **Кулешов А. С.** Развитие методов расчета и оптимизация рабочих процессов ДВС: Дис. ... д.т.н.: 05.04.02. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. — 235 с.
19. **Kuleshov A. S.** Model for Predicting Air-Fuel Mixing, Combustion and Emissions in DI Diesel Engines over Whole Operating Range // SAE Technical Paper Series. — 2005. — № 2005-01-2119. — P. 1–10.
20. **Kuleshov A. S.** Multi-Zone DI Diesel Spray Combustion Model and its Application for Matching the Injector Design with Piston Bowl Shape // SAE Technical Paper Series. — 2007. — № 2007-01-1908. — P. 1–10.

УДК 629.113

DOI: 10.36652/2073-8323-2020-10-17-19

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, СамГТУ, г. Самара,
П. А. Николаев, д-р техн. наук, ПАО "АВТОВАЗ", г. Тольятти,
А. С. Подгорный, СамГТУ, г. Самара, **В. И. Строганов**, д-р техн. наук, МАДИ, г. Москва

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЕЗДОВОГО ЦИКЛА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье представлены результаты совершенствования методики организации ездового цикла для комплексной оценки помехоустойчивости бортовых электротехнических систем автомобилей.

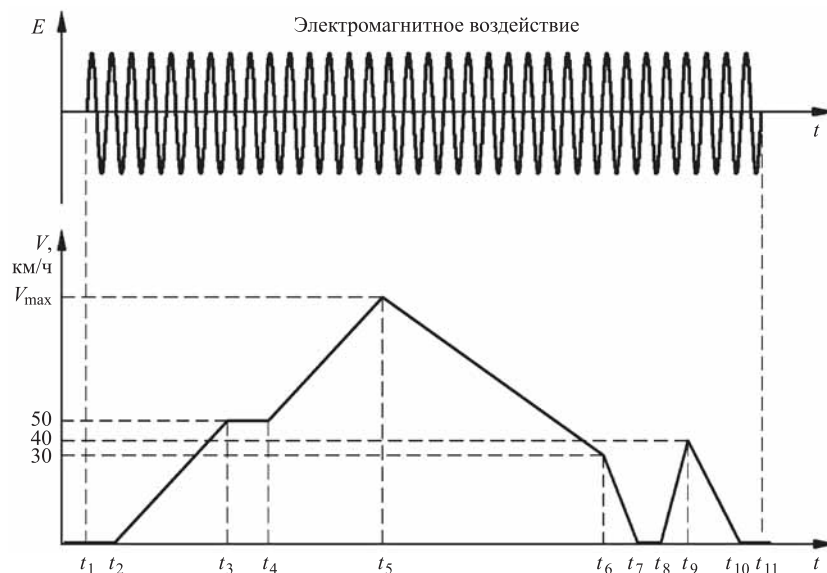
Ключевые слова: автомобилестроение, автомобиль, электротехнические системы, электромагнитная совместимость.

The article presents the results of improving the driving cycle organization methodology for a comprehensive assessment of the noise immunity of on-board electrical systems of automobiles.

Keywords: automotive industry, automobile, electrical systems, electromagnetic compatibility.

Как известно, современные автотранспортные средства (АТС) оснащаются большим количеством электротехнических систем [1]. Применение некоторых из них регламентировано законодательно. К ним, например, относятся системы ABS. Ко всему этому растет выпуск АТС оснащаемых электромеханическими коробками переключения передач, системами курсовой устойчивости (ESP), антипробуксовочными системами (ASR), электромеханическими усилителями рулевого управления, интеллектуальными системами помощи на дорогах и т. п. [2–5]. Отсюда видно, что достаточно много электротехнических систем, способных при их нарушении работоспособности повлиять на траекторию движения автотранспортного средства. Чтобы минимизировать вероятность появления при эксплуатации нештатных ситуаций системы тестируются на восприимчивость к электромагнитному воздействию. Существует достаточно большое количество специализированных испытательных тестов, учитывающих особенности конкретной электротехнической системы [6, 7]. Каждый ЭМС-центр разрабатывает их с учетом возможностей оснаще-

ния оборудованием своей лаборатории. Однако тестируя по отдельности все бортовые системы, тратится большое количество времени. Поэтому необходима разработка ездового цикла, в ходе которого проверялось максимальное количество функций электротехнических систем. Разработанный цикл представлен на рисунке [7, 8]. Он реализует в себе условия, при которых кроме



Ездовой цикл для комплексных испытаний электротехнических систем АТС на восприимчивость к электромагнитному воздействию

систем электроснабжения, вентиляции, обогрева, обеспечения обзорности, освещения, отображения информации и мультимедиа, для контроля которых достаточно их включения и заведенного двигателя, также расширенно проверяются системы управления двигателем, автоматической трансмиссии, ABS, ASR и ESP.

Суть теста заключается в том, что в интервале времени t_1-t_{11} на АТС воздействует электромагнитное поле с заданным уровнем, частотой и модуляцией. В промежутке t_1-t_2 двигатель автотранспортного средства работает на холостом ходу. Здесь проверяется помехоустойчивость системы управления двигателем в наиболее критическом для нее режиме. Потому что на этом режиме она больше всего восприимчива к помехам вследствие наименьшего уровня сигнала с датчика положения коленчатого вала.

В промежутке t_2-t_5 контролируется помехоустойчивость автоматической трансмиссии, а также систем ASR и ESP. Критериями положительного результата этой части теста является отсутствие срабатывания ASR и ESP, так как разгон АТС осуществляется плавно последовательным переключением всех передач. Во вложенном интервале t_3-t_4 проверяется работа автотранспортного средств на установившейся скорости 50 км/ч. Этот участок введен для выполнения требований международных Правил R10-05 ЕЭК ООН. Во промежутке времени t_5-t_7 , в котором имеются два вложенных временных интервала, проводится проверка помехоустойчивости ABS. В первом (t_5-t_6) ABS не должен срабатывать, так как торможение АТС производится медленно. Во втором интервале (t_6-t_7) торможение производится резко, что приводит к блокировке колес. Поэтому критерием прохождения данной части теста является нормальная работа ABS, сопровождающаяся циклическим сбросом давления тормозной жидкости и, как следствие разблокировкой колес.

В интервале t_7-t_8 происходит полная остановка автотранспортного средства для начала следующего теста (t_8-t_9) для проверки систем ASR и ESP. В отличие от t_1-t_5 , на участке t_8-t_9 системы ASR и ESP должны срабатывать, так как производится быстрый разгон АТС. Далее на участке t_9-t_{10} осуществляется полное торможение для следующего аналогичного ездового цикла, где на АТС будет воздействовать электромагнитное поле с другими параметрами.

Реализация разработанного ездового цикла осуществляется на динамометрическом роликовом стенде с применением программируемого ро-

бота-автопилота. Для его выполнения необходимо математическое представление функций. График ездового цикла описывается стандартными уравнениями прямой [9]

$$V_i(t) = \alpha_i t + V_{0i}, \quad (1)$$

где

$$\alpha_i = (V_{i+1} - V_i)/(t_{i+1} - t_i) \text{ м/с}^2, \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, 10,$$

а

$$V_{0i} = (V_i t_{i+1} - V_{i+1} t_i)/(t_{i+1} - t_i). \quad (3)$$

Коэффициенты V_{0i} и α_i находятся из начальных условий цикла и экспериментально.

К начальным условиям относится следующее:

1. Во временных интервалах t_1-t_2 , t_7-t_8 и $t_{10}-t_{11}$ скорость равна 0 км/ч.

2. На участке t_3-t_4 $V = 50$ км/ч, так как это значение регламентируется [10, 11].

3. Максимальная скорость цикла равна

$$V_{\max} = 1,05V_n, \quad (4)$$

где n — наивысшая передача;

V_n — скорость на которой происходит автоматическое переключение на наивысшую передачу.

Значение V_n определяется экспериментально или берется из технической документации. Например, для пятиступенчатой автоматической коробки передач автомобиля максимальная скорость цикла равна 80 км/ч, или для существующих шестиступенчатых коробок передач $V_n = 110$ км/ч.

4. Для плавного разгона АТС в промежутке времени t_2-t_5 должен на каждой передаче двигаться не менее 3,5 с;

5. Скорость в момент t_6 равна 30 км/ч.

6. Скорость в момент t_9 должна быть 40 км/ч.

Условия № 5 и № 6 введены для минимизации времени динамической нагрузки на роликовый стенд при резком торможении и ускорении.

Из графика ездового цикла вытекает, что

$$\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_7 = 0.$$

Для предельного случая при $V_{\max} = 115,5$ км/ч и исходя из обозначенных начальных условий значения угловых коэффициентов прямых лежат в следующих областях:

$$0 < \alpha_2 \leq 1,7;$$

$$0 < \alpha_4 \leq 1,7;$$

$$-2 \leq \alpha_5 < 0;$$

$$\alpha_6 \leq -15;$$

$$\alpha_8 \geq 16.$$

В интервале времени t_9-t_{10} АТС возвращается в начальное состояние цикла. Определение коэффициента α_9 обусловлено условием плавного торможения для минимизации динамической нагрузки на стенд. В данном случае его значение лежит в диапазоне:

$$-2 \leq \alpha_9 < 0.$$

Для практики можно применить краевые значения коэффициентов:

$$\alpha_2 = \alpha_4 = 1,7; \alpha_5 = \alpha_9 = -2; \alpha_6 = -15; \alpha_8 = 16.$$

При данных значениях вышесказанных коэффициентов точное время электромагнитного воздействия на заданной частоте ($t_{11}-t_1$) рассчитывается исходя из известного V_{\max} , так как он определяет длительность t_6-t_2 и определения t_2-t_1 , t_4-t_3 , t_8-t_7 и $t_{11}-t_{10}$.

Длительность промежутков времени t_2-t_1 и t_4-t_3 выбирается из условия реакции электротехнических систем на электромагнитное воздействие и составляет две с (и более). Для практики адекватно

$$t_2-t_1 = t_4-t_3 = 2 \text{ с.}$$

Длительность промежутка t_8-t_7 определяется временем готовности устройства или системы автоматического управления АТС начать его динамический разгон. Для современных систем оно не превышает 1 с. Адекватно задать

$$t_8-t_7 = 1 \text{ с.}$$

Интервал $t_{11}-t_{10}$ выбирается с учетом запаса по вероятному запаздыванию времени реализации цикла, которое зависит от характеристик динамометрического стенда, а также устройств и систем автоматического управления АТС.

По завершению ездового цикла параметры воздействующего электромагнитного поля перестраиваются в соответствии с заданной программой испытаний, и цикл реализуется повторно.

Разработанный ездовой цикл позволяет комплексно проводить проверку работоспособности электротехнических АТС на помехоустойчивость, что позволяет сократить общее время тестирования.

Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ НШ-2515.2020.8

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Панюков Д. И., Козловский В. Н.** Фундаментальные основы FMEA для автомобилестроения // Самара, 2014.
2. **Аналитический** комплекс прогнозирования надежности электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой // В. Н. Козловский, Н. И. Горбачевский, А. Г. Сорокин, В. Б. Кислинский, Л. Х. Мифтахова / Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — Т. 17. — № 3. — С. 227–229.
3. **Заятров А. В., Козловский В. Н.** Анализ и оценка взаимосвязей между традиционными показателями надежности и показателями, используемыми ведущими производителями легковых автомобилей // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2012. — № 1. — С. 41–43.
4. **Электронная** система регулирования скорости движения автомобиля в режимах поддержания и ограничения скорости / В. В. Дебелов, В. В. Иванов, В. Н. Козловский, В. И. Строганов, В. Е. Ют // Грузовик. — 2013. — № 12. — С. 19–23.
5. **Строганов В. И., Козловский В. Н.** Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования и производства. — Москва, 2014.
6. **Электромагнитная** совместимость автотранспортных средств / П. А. Николаев, Л. Н. Кечиев; под ред. Л. Н. Кечиева. — М.: Грифон, 2015. — 424 с. — (Библиотека ЭМС).
7. **Правила** № 10. Единые образные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости / Добавление 9. — Пересмотр 4. — ЕЭК ООН, 2012.
8. **Подгорный А. С., Николаев П. А.** Испытания автомобилей на восприимчивость к электромагнитному воздействию // Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости: Труды IV Всероссийской НТК "Техно-ЭМС 2017". — М.: Грифон, 2017. — С. 84–85.
9. **Шипачев В. С.** Высшая математика: Учеб. для вузов. — М.: Высш. школа, 2000. — 479 с.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА. ЧАСТЬ 2

В тренде с переменным успехом реализуемого в рамках координируемого сразу несколькими профильными комитетами Организации Объединенных Наций всемирного экологического проекта предотвращения глобального потепления находятся мероприятия по повышению экологической безопасности подвижного состава автомобильного транспорта. В этом процессе основного направления решения проблемы превагирует эффективный, по мнению энергетиков и экологов автотранспортной сферы, способ всеобщего поэтапного перехода с двигателей внутреннего сгорания на силовые агрегаты электрифицированного привода колесных транспортных средств.

Ключевые слова: автомобильные колесные транспортные средства, энергетические установки, гибридизация, электрификация.

In a trend with varying success, implemented within the framework of the global environmental warming prevention project coordinated by several relevant United Nations Committees at once, there are measures to improve the environmental safety of road vehicles. In this process, the main direction of solving the problem is dominated by an effective, according to energy and environmental experts in the automotive sector, a way of universal phased transition from internal combustion engines to power units of an electrified drive of wheeled vehicles.

Keywords: automotive wheeled vehicles, power plants, hybridization, electrification.

Вызванные необходимостью замены двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с выбросами в атмосферный воздух вредных веществ вместе с отработавшими газами дружелюбными к окружающей среде силовыми агрегатами приводов автомобильных колесных транспортных средств (КТС), поиски технологичных альтернатив привели к необходимости использования электроэнергии, генерируемой и реализуемой из разных, в том числе возобновляемых источников энергии. Электрификация автотранспорта стала уже устоявшейся, хотя и совсем не новой, известной уже более 100 лет, тенденцией автомобилизации. Наряду с совершенствованием таких компонентов бортовой энергосети, как электромашины с функциями тяговых электродвигателей и генераторов электроэнергии в режиме рекуперативного торможения и главным образом аккумуляторных батарей, определяющих дальность автономного хода, темпы активно начавшейся электромобилизации зависят от продолжительности зарядки аккумуляторов КТС на тех или иных электростанциях.

Именно эти технические устройства лимитируют успешность и стоимость эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования электрифицированных КТС с гибридным и чисто электрическим приводом с определенными характеристиками. Первые должны стать более энергоемкими и менее тяжелыми для эффективно реализации возможностей электропривода, вторые должны быть оптимально размещены на дорожной сети регионов для бесперебойного и доступного снабжения электрифицированного подвижного состава электроэнергией, исходя из его концентрированного размещения на обслуживаемых территориях транспортной сети.

В конкретном исследовании немецкой компании Fulda эти аспекты анализируются [1] на подконтрольной автомагистрали федерального значения между Мюнхеном и Гамбургом. А в пилотном исследовательском проекте разработки, изготовления и эксплуатации электротранспорта участвуют шведско-швейцарский инновационный энергетический альянс АВВ со своей концепцией Terra-HP-System быстрой (до 8 мин) за-

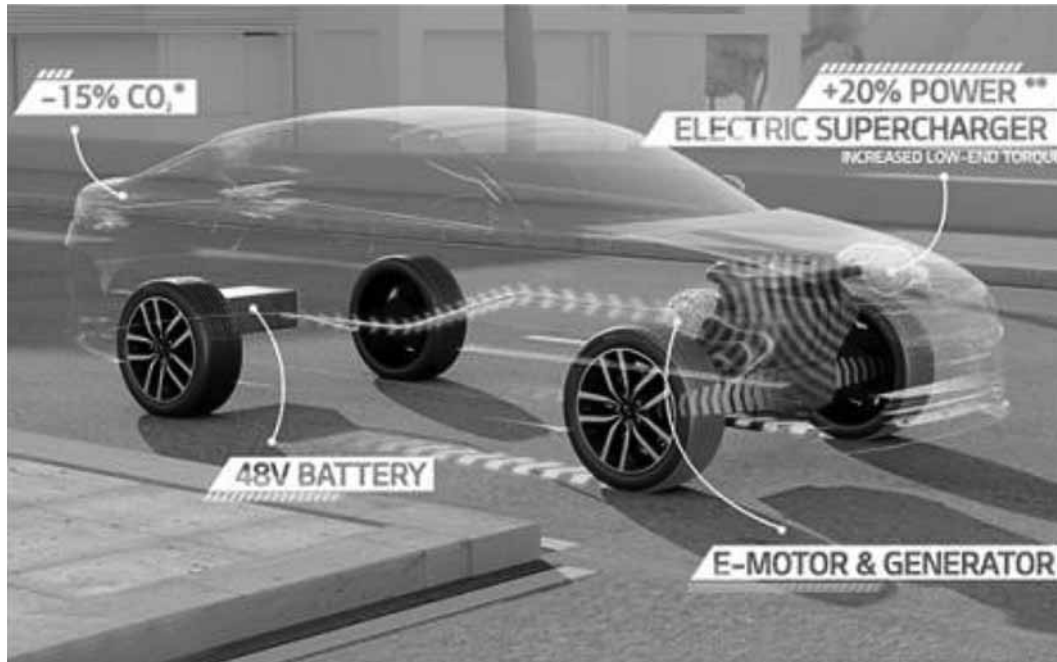


Рис. 1. Принцип рекуперативного торможения

рядки автомобильных аккумуляторных батарей мощностью 350 кВт, производитель электрозарядных станций Phoenix Contact, торговый дом Jettingen-Schepach, автоконцерны BMW, Porsche, электротехнический Siemens и технологическая компания Allego (все — Германия).

В качестве оптимального варианта на предварительном этапе опытной подконтрольной эксплуатации рассматривается электрозарядная станция Phoenix Contact мощностью 450 кВт, за 3 мин обеспечивающая зарядку аккумуляторной батареи энергоемкостью 90 кВт·ч электромобиля Porsche с последующей автономностью хода 100 км, 15-минутной до 80 % полноты зарядки аккумуляторов электромобиля BMW i3. Вариантами оснащения этих электрозарядных установок являются однофазные генераторы переменного тока или трехфазные генераторы постоянного тока напряжением от 30 до 400 В. Кроме того, рассматриваются возможности использования 800-вольтных зарядных станций с десятиминутной процедурой и 300 км автономного пробега электромобиля. Все они в серийном предложении с 2022 г. должны оснащаться универсальными розеточными разъемами.

По результатам основанных на предварительных подконтрольных эксплуатационных испытаний виртуальных исследовательских оценок по имитационному ездовому циклу Всемирной гармонизированной испытательной процедуре WLTP

немецкими специалистами в области энергоэффективности приводов электромобилей на примере электромобилей Audi e-tron и Hyundai Kona проанализирована связь между энергоемкостью аккумуляторной батареи, мощностью агрегатов электропривода и запасом автономного хода. Прямой связи между ними из-за разного коэффициента полезного действия или степени реализации энергетических возможностей вследствие потерь не установлено.

Согласно уточненному анализу 700-килограммовая литий-ионная аккумуляторная батарея энергоемкостью 95 кВт·ч электромобиля Audi e-tron допустимой полной массой около 2,5 т с двумя электродвигателями суммарной мощностью 95 кВт с учетом 87 %-й степени рекуперации энергии торможения обеспечивает при общем удельном потреблении энергии в 22 кВт·ч/100 км теоретическую реализацию 417 км его автономного хода. Близкая к 100 % рекуперация тормозной энергии в бортовой электросети Hyundai Kona допустимой полной массой около 1,7 т с аккумуляторной батареей энергоемкостью 69 кВт·ч и одним электродвигателем мощностью 64 кВт при максимальном удельном энергопотреблении теоретически позволяет без подзарядки аккумуляторов двигаться до 482 км.

Интеллектуальная гибридная система привода легкового автомобиля Mercedes-Benz GLC F-Cell,



Рис. 2. Электрoзарядная станция

разработанная [2] специалистами исследовательского подразделения энергообеспечения немецкого автомобилестроительного концерна Daimler, на 30 % более компактная инновационная интеллектуальная гибридная энергосистема привода концептуального и уже получившего предсерийный прототип полноприводного легкового автомобиля Mercedes-Benz GLC F-Cell основана на использовании комбинации водородных топливных элементов нового поколения и литий-ионных аккумуляторов батареи емкостью 13,8 кВт·ч, обеспечивающая повышенный запас автономного хода и меньшую продолжительность зарядки аккумуляторов.

Эта усовершенствованная топливно-элементная технология является неотъемлемой частью стратегии Daimler, позволяющей реализовать эти очевидные преимущества как в автомобильном, так и городском автобусном сегменте. Они продемонстрированы по результатам 12 млн км, пройденных легковыми автомобилями Mercedes-Benz В-класса и гибридными городскими автобусами модели Mercedes Citaro на водородных топливных элементах.

Совершенствование системы выпуска отработавших газов гибридного коммерческого автомобиля позволяет им успешно заменить КТС только с токсичными ДВС. В рамках анализа эффективности реализации финансируемой федеральным Министерством экономики и энергетики Герма-

нии программы электрификации автомобильного колесного подвижного состава сотрудниками Института тепловых машин и автомобильных приводов Технического университета немецкого Дармштадта оценена [3] действенность мероприятий по гибридизации силовых агрегатов, целью которой является снижение токсичности отработавших газов системы выпуска за счет уменьшения в них концентрации углекислого газа на 15 % к 2025 г. и на 30 % к 2030 г. по сравнению с этим параметром 2019 г.



Рис. 3. Гибридный привод

Достижение этих показателей возможно при применении инновационного селективного каталитического нейтрализатора с активным использованием водного раствора мочевины со сниженным на 30 % содержанием в выпуске аммиака и на 44 % — оксидов азота, главным образом, за счет 30 %-го уменьшения потребления углеводородного топлива при использовании в гибридном приводе всего 12 кВт·ч электроэнергии, 5 кВт·ч из которых генерируется в процессе рекуперативного торможения.

Универсальный привод для гибридных и электромобилей повышает [4] успешность электромобилизации. Сотрудниками шведского филиала североамериканского поставщика автокомпонентов и запчастей для мобильной колесной и гусеничной техники BorgWarner сообщается о запуске в серийное производство своего первого инновационного универсального электромеханического модуля привода автомобильных КТС с гибридным и чисто электрическим приводом, обеспечивающим расширение возможностей энергоэффективной и продолжительной эксплуатации на основе интегрированного оптимизированного системного решения с усовершенствованной технологией управления трансмиссией, электродвигателем/генератором и инвертором в общем компактном корпусе-картере.

Растущая урбанизация, все более строгие нормы выбросов и расширенное понимание устойчивости являются движущими тенденциями в электрификации. Согласно данным аналитической компании исследования рынка Information Handling Services, продажи гибридных КТС в 2017 г. составили 3 %, а чистых электромобилей — 1 % от общего объема мировых продаж, а к 2023 г. они прогнозируются до 24 % с общим объемом парка до 5 %.

Коммерческий автомобиль с расширенной функцией гибридного привода является [5] эффективной и экологически безопасной альтернативой КТС с традиционным приводом. Североамериканский поставщик электронных систем торможения, устойчивости, подвески и автоматики трансмиссии для грузовых автомобилей большой грузоподъемности Wabco расширил функциональность гибридного привода коммерческого автомобильного подвижного состава. Он представляет технологичную комбинацию тягача с традиционным ДВС и прицепом с электроприводом, получившую название E-Trailer.

Новая концепция обеспечивает значительную экономию топлива и соответствующее сокраще-

ние выбросов вредных веществ при увеличении запаса автономной дальности хода. Хотя легковые автомобили с электрическим приводом уже имеют пробег в 500 км, который подходит для повседневного использования, для классического 40-тонного грузовика все еще необходимо значительное улучшение плотности накопления энергии и снижение удельного потребления энергии. Эту задачу успешно решает электропривод, использующийся в рамках гибридной концепции автопоезда Wabco с энергоэффективным накопителем электроэнергии, генерируемой в процессе рекуперативного торможения.

Высокоинтегрированный электропривод легкового автомобиля продолжает оставаться [6] целью разработок многих автопроизводителей. Если раньше электропривод состоял из отдельных силовых агрегатов, то сегодня для решения злободневных проблем уже требуются высокоинтегрированные компактные устройства со значительно более высокой удельной мощностью. В сообщении сотрудников немецкого подразделения транснациональной компании-производителя силовых агрегатов и других компонентов транспортных средств FEV описываются преимущества высокоинтегрированного электропривода легкового автомобиля, в котором преобразователь, электродвигатель и коробка передач объединены в одном общем корпусе-картере.

Этот инновационный энергетический агрегат обладает пиковой мощностью 230 кВт. С учетом прогнозируемого ежегодного объема продаж электромобилей по всему миру к 2030 г. в количестве 30 млн единиц, 10 млн из которых будут реализовываться в Китае, понятен интерес к энергоэффективным энергоагрегатам электропривода. В оптимальном конструктивно-технологическом исполнении это должны быть энергоэффективные, регулируемые по параметрам электропитания укороченные машины с компактным облегченным медным статором, короткозамкнутым ротором и многофазным инвертером адаптивного регулирования оборотов.

Наряду с компактностью размещения в осевом дифференциале КТС традиционных главной передачи и редуктора и еще и электродвигателя, достигается интегральная функциональность комбинированного агрегата распределенной раздачи крутящего момента по колесам бортов. А использование двухблочкового картера с циркуляцией под наружной жидкого охлаждающего теплоносителя и под внутренней — масла позволяет повысить энергоэффективность этого инно-

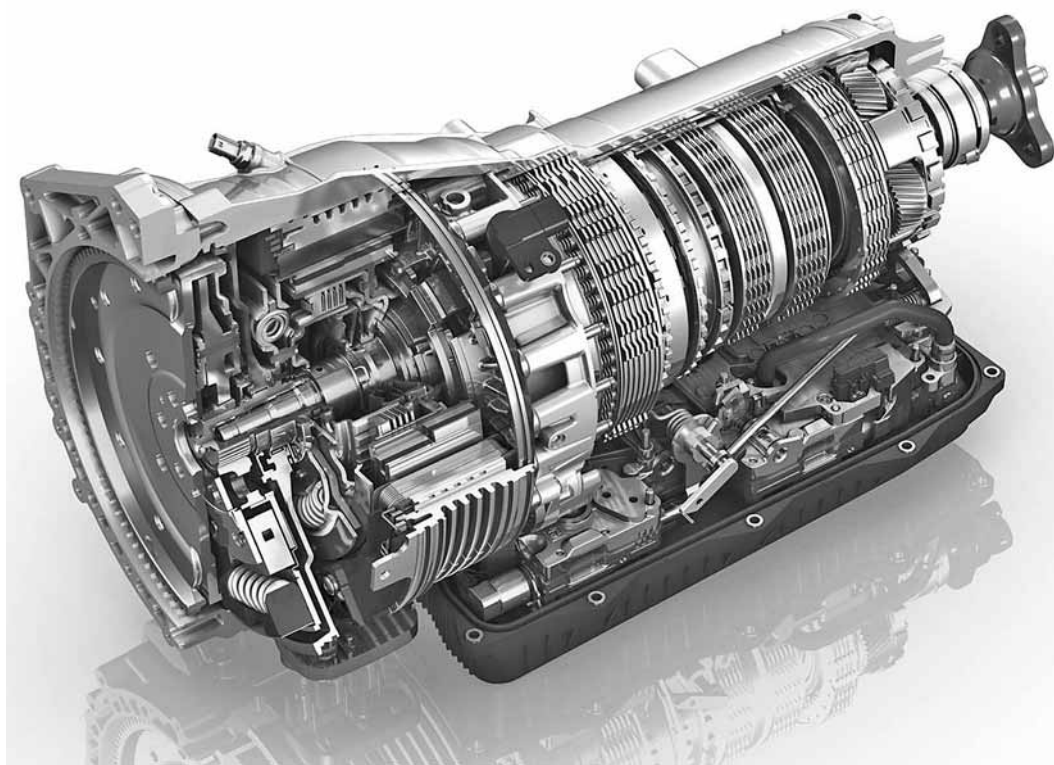


Рис. 4. Высокотехнологичный гибридный привод

вационного электроагрегата привода на 50 % по сравнению с традиционными.

Высокоскоростной электропривод для автомобилей следующего поколения [7] в рамках энергоэффективной концепции позволяет решать целый комплекс проблем. Для разработчиков автомобильных КТС с гибридным и чисто электрическим приводом значительное снижение затрат на изготовление и эксплуатацию электрифицированных силовых агрегатов является одной из приоритетных задач развития и массового применения этого типа транспорта.

Одна из действенных возможностей решения этой проблемы найдена проектно-исследовательско-испытательной транснациональной корпорацией AVL в виде недавно разработанной оптимизированной в плане энергоэффективности интегрированной системы батарейного электропривода. Она в опытных пилотных версиях отрабатывается на электромобилях Tesla, Mercedes-Benz EQC и Jaguar I-Pace, уже представляющих собой реальную альтернативу автомобилям с традиционными ДВС. Эти электромобили обладают дальностью автономного хода более 400 км, хорошей разгонной динамикой и энергоемкостью аккумуляторных батарей. Правительственные инициативы,

экологический имидж во времена запретов в Германии дизельных ДВС, а также запросы клиентов на новейшие высокотехнологичные продукты стимулируют спрос на батарейные электромобили в Европе и во всем мире. В качестве успешной реализации такого инновационного электропривода приводится пример агрегатирования электродвигателя с двухступенчатым цилиндрическим косозубым редуктором.

Продолжаются активные поиски повышения технологичности реализации преимуществ электрификации автомобильного привода с комбинированной и полной электротягой. Как в комбинированных вариантах с гибридами в составе ДВС и электромашин, так и в чисто электрических ищутся способы повышения коэффициента полезного действия агрегатов бортовой электросети с оптимальным напряжением. Так, например, руководителями исследовательских проектов немецкого отделения европейского представительства японской автомобилестроительной компании Honda в кратком аналитическом обзоре сравнения потребительских свойств КТС с разным типом привода рассматриваются [8] преимущества широко распространяющейся в последнее время гибридной технологии, наиболее эффек-

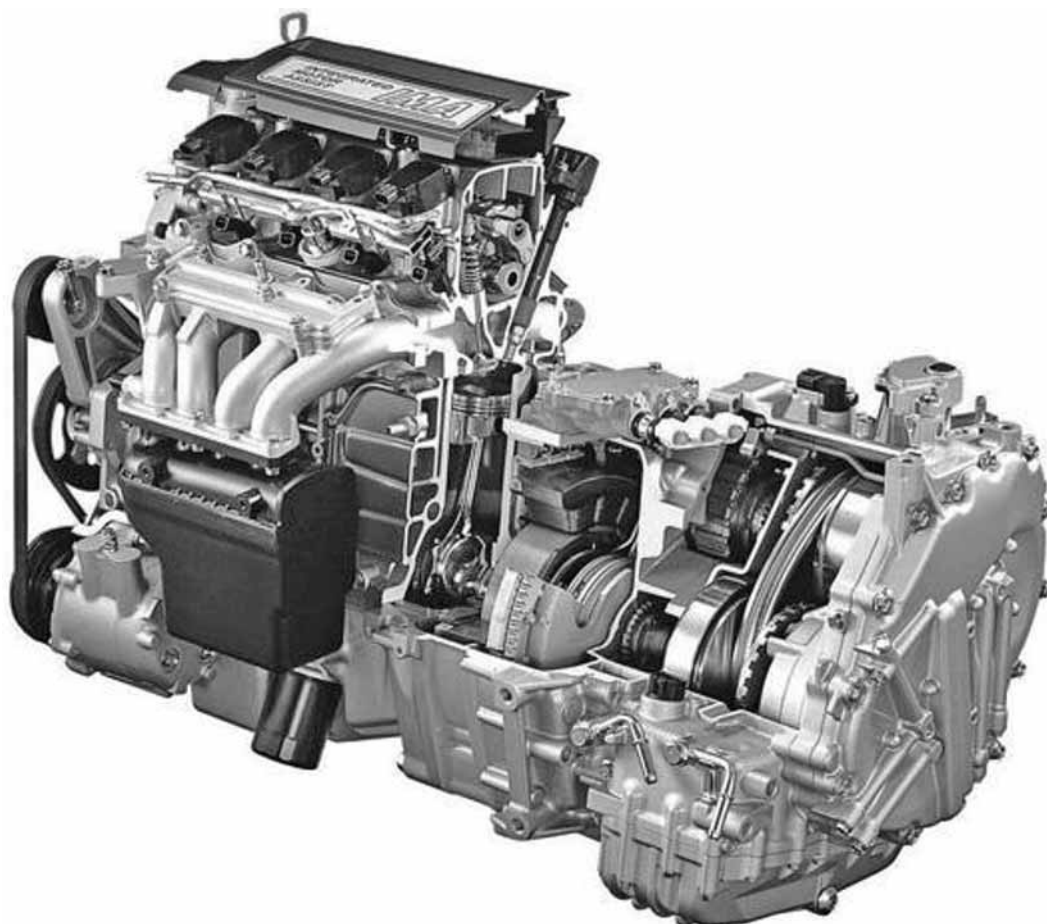


Рис. 5. Электрифицированный дизель

тивно реализуемой в бортовой энергосети напряжением 48 В.

Они наглядно демонстрируются на разработанном Honda R & D Europe тренажере и исследовательско-демонстрационном прототипе со стартер-генераторной электроприводной установкой, поддерживающей 1,6-литровый дизельный ДВС и позволяющей на 22 % снижать выбросы вредных веществ.

Гибридизация на пути к полной электрификации КТС рассматривается как компромисс между технологичностью и мощностью ДВС, и дизельного, в частности, и экологичностью в эксплуатации электротранспорта. А в процессе создания электрифицированного дизеля на всем пути от разработки концепции до реализации в КТС используются различные инструменты и способы достижения поставленных целей. Они рассматриваются [9], например, в аналитическом обзоре с активным использованием результатов экспериментальных исследований специалистов в области автомобильной энергетики и экологии

австрийского независимого исследовательского института и программно-технологической фирмы AVL и руководителя Технического центра южнокорейской компании Hyundai Motor в немецком Рюссельсхайме.

В нем проанализирована эффективность использования в комбинированных энергетических установках автомобильных КТС как традиционных гибридных модулей напряжением 48 В, в которых электрическая машина небольшой мощности от 10 кВт встроена не в ременную передачу со шкивом коленчатого вала ДВС, а между ним и трансмиссией в последовательной схеме, предлагающий сравнительно недорогой и эффективный способ дальнейшего снижения выбросов вредных веществ.

В совместной разработке AVL и Hyundai Motor он реализован в легковом автомобиле Hyundai Santa Fe в виде комбинированной энергетической установки архитектуры P2 в сочетании 2,2-литрового дизеля и встроенного в коробку передач, как правило, трансмиссии электродвигателя мощностью 30 кВт. Она

дает существенные преимущества даже по сравнению с инновационной концептуальной разработкой, реализованной в прототипе североамериканской версии легкового автомобиля BMW 328xd в виде усовершенствованной системы выпуска отработавших газов дизельного ДВС, сочетающей в себе преимущества аккумулирующего и селективного каталитических нейтрализаторов эффективного улавливания твердых частиц сажи и оксидов азота.

Сравнение результативности этих двух вариантов очистки выбросов дизелей по усовершенствованной процедуре их реальной оценки Директивы RDE с реальными условиями эксплуатации при критических ускорениях в $2,5 \text{ м/с}^2$ продемонстрировало высокий потенциал гибридной реализации, оцененный испытаниями по методике Всемирной гармонизированной процедуры WLTP, позволяющей при 11 %-й экономии топлива (в городе — до 30 %) наполовину снизить эмиссию токсичных веществ.

Совершенствование КТС с электрифицированным приводом продолжается, и в этом процессе открываются новые возможности, в частности, по реализации различных источников энергии, появляются новые нюансы положительного и негативного характера, но находятся и технологические решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Elektrisch** im Dienst// Ind. — Anz. — 2019. — Т. 141. — № 9—10. — С. 46—48.
2. **Mohrdieck C., Dehn S.** Das intelligente Drennstoffzellen-Plug-in-Hybrid-Antriebssystem des Mercedes-Benz GLC F-Cell // MTZ: Motortechnische Zeitschrift. — 2019. — Т. 80. — № 1. — С. 32—40.
3. **Thiem M., Hummel N., Beidl C.** Betriebsbedingungen für Systeme zur Abgasnachbehandlung im hybridisierten Nutzfahrzeug// ATZ: Automobiltechnische Zeitschrift. — 2019. — Т. 80. — № 7—8. — С. 94—100.
4. **Nafari A., Mazoyer S.** All-in-one-Antrieb für Hybrid- und Elektrofahrzeuge// MTZ: Motortechnische Zeitschrift. — 2019. — Т. 80. — № 6. — С. 88—91.
5. **Heseding J., Schüenemann G., Dieckmann T.** Nutzfahrzeug-trailer mit Hybridfunktion // ATZ: Automobiltechnische Zeitschrift. — 2019. — Т. 121. — № 5. — С. 38—40.
6. **Janssen P., Hellenbroich G., Lahey H.** — P. Hochintegrierte elektrische Antriebsachse für Pkw // MTZ: Motortechnische Zeitschrift. — 2019. — Т. 80. — № 4. — С. 66—69.
7. **Deiml M., Eriksson T., Schneck M., Tan-Kim A.** Hochdrehende E-Antriebseinheit für nächste Fahrzeuggeneration// ATZ: Automobiltechnische Zeitschrift. — 2019. — Т. 121. — № 6. — С. 42—43, 46.
8. **Barth S., Fischer M., Bötther J.** Analyse kundenrelevanter Vorteile der 48-V-Hybridisierung // MTZ: Motortechnische Zeitschrift. — 2018. — Т. 79. — № 12. — С. 52—58.
9. **Mittrecker H., Wancura H., Weißbäck., Hoffmann S.** Der elektrifizierte Diesel — Vom Konzept zur Fahrzeugintegration// MTZ: Motortechnische Zeitschrift. — 2019. — Т. 80. — № 11. — С. 18—27.

ИЗДАТЕЛЬСТВО

"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журнал

"ГРУЗОВИК"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2020 год

Подписавшись в издательстве, вы:

- 1) получаете без задержек журнал с первого номера;
- 2) экономите на стоимости почтовой доставки;
- 3) получаете скидку до 5 %.

Наши реквизиты:

E-mail: realiz@mashin.ru

Тел.: 8 (495) 785-60-69.

Отдел продаж, маркетинга, рекламы

WWW.MASHIN.RU

Г. Н. Климова, канд. техн. наук, доцент, e-mail: klimova-galina@mail.ru, ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова, г. Воронеж,

В. А. Зеликов, зав. кафедрой, д-р техн. наук, доцент, e-mail: zelikov-vrn@mail.ru, ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова,

Ю. В. Струков, канд. техн. наук, доцент, e-mail: str-y@mail.ru, ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова,

Г. А. Денисов, канд. техн. наук, e-mail: dga.vrn@mail.ru, ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова,

Е. А. Маклакова, д-р фил. наук, доцент, e-mail: elena.maklakova5@mail.ru, ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова,

Э. Н. Бусарин, канд. техн. наук, e-mail: busarin.eduard@mail.ru, ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Рассматривается вопрос зависимости количества ДТП от систематических и случайных факторов. Приводится математическое обоснование прогнозирования безопасности дорожного движения и создания условий для оптимального группирования средств управления в систему с позиции безопасности движения. Решается задача оптимизации показателя управления.

Ключевые слова: технические средства управления, систематические и случайные факторы ДТП, задача оптимизации показателя управления, мониторинг участков по величине нарушений.

The question of the dependence of the number of accidents on systematic and random factors is considered. The article provides a mathematical justification for predicting road safety and creating conditions for optimal grouping of controls in the system, from the point of view of traffic safety. The problem of optimizing the management indicator is solved.

Keywords: technical controls, systematic and random factors of accidents, the task of optimizing the management indicator, monitoring sites by the size of violations.

Безопасное движение на трассах характеризуется и оценивается, как правило, по критерию отсутствия дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Но критерий отсутствия ДТП не исключает закономерных опасных условий и ошибочных действий водителей, приводящих к аварийным ситуациям. Возникновение опасных, предаварийных ситуаций и ДТП, назвать случайным явлением нельзя, скорее это означает отсутствие достоверных признаков, приведших к ДТП. Это представлялось вполне оправданным, с точки зрения того, что объектом исследования являлся именно механизм ДТП и на данной основе намечались мероприятия по снижению аварийности. Правомерность такой позиции по отношению к конкретному ДТП, при исследовании в этом направлении зачастую вызывало сомнение в правильности предположения, что отсутствие ДТП — это признак безопасности движения [1–3].

Рассмотрим схему "Основные факторы, влияющие на безопасность управления транспортным

средством". Это "Техническое совершенствование дороги", "Конструктивная безопасность транспортных средств", "Надежность действий водителя в различных дорожно-транспортных происшествиях" и "Среда" (рис. 1).

Техническое совершенствование дороги должно иметь развитие в следующих направлениях: отсутствие режима перегрузки; возможность выбора альтернативного пути; оптимальное количество средств управления организацией дорожного движения (ОДД); правовое, информационное обеспечение, эстетическое качество дороги, дорожный сервис и т. д. Конструктивная безопасность транспортных средств (ТС), обеспечивающая безопасность, — это совершенствование активной, пассивной, послеаварийной и экологической безопасности. Перечисленные факторы относятся к систематическим факторам воздействия, поскольку анализируются и обобщаются как отклонения от законодательных технических требований, норм и стандартов, предъявляемых



Рис. 1. Основные факторы, влияющие на безопасность управления транспортным средством

к этим факторам. Фактор. "Надежность действий водителя в различных дорожно-транспортных происшествиях" применяется для анализа и обобщения с большей долей достоверности, необходимо охватывать и случайные признаки. Встает вопрос, с каким "эталоном" можно сопоставлять поведение водителя в определенной ситуации. Нормальное поведение предполагает абсолютное подчинение правилам дорожного движения, и на основе такого предположения проводится психологическая экспертиза, как анализ отклонений от нормального поведения. Большое количество схожих случайных явлений обобщаются в определенные закономерности, но надежность таких выводов очень низка.

Точные данные о весомости отдельных факторов дорожного движения трудно получить, поскольку, во-первых, обоснование рационального решения в аспекте сравнения затрат материальных и временных, во-вторых, взаимодействие причин, относящихся к системе "ВАДС", имеет большое количество вариантов.

Анализ причин конкретной аварийной ситуации требует системного подхода, который позволяет рассмотреть по-новому механизмы ДТП и возможности их сокращения в будущем.

На наш взгляд, суть в том, что главное звено—водитель в системе "водитель—автомобиль—

дорога—среда" (ВАДС) воспринимает ДТП как случайное событие, из-за неподготовленности или неконтролируемости своего поведения. И поиск путей реализации мероприятий по снижению ДТП приводит к тому, что критерий безопасности на дорогах — это создание условий для обычного поведения водителя.

Например, обоснуем математической моделью влияние на безопасность движения средств управления.

Итак, количество ДТП зависит от систематических и случайных факторов. К систематическим факторам относится: состояние проезжей части дороги; техническое состояние транспортных средств; погодные условия, размещение и установку грузов; интенсивность движения; наличие средств управления движением; их размещение и количество; другие факторы. Случайные воздействия могут включать отклонения от штатного режима работы систематических факторов, что зависит от обслуживающего персонала, всех участников движения. Простое увеличение числа пассивных и активных средств управления движением приводит к снижению числа происшествий до определенной границы. По сведениям дорожных служб случайные факторы формируют около 50 % нештатных ситуаций, приводящих к ДТП. Если принять общее количество наруше-

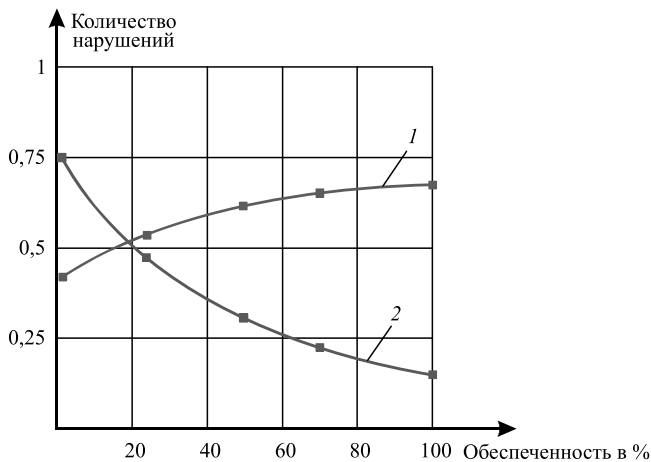


Рис. 2. Соотношение между числом нарушений за счет преимущественно случайных (1) и систематических (2) факторов в зависимости от количества средств пассивного и активного контроля и управления движением

ний за 1,0, то соотношение между причинами их появления в зависимости от степени обеспеченности трассы светофорами, дорожными знаками, указателями при удовлетворительном состоянии дорожного полотна, транспортных средств и погоды может быть представлено кривыми на рис. 2. Следовательно (рис. 3), простое увеличение средств управления не может резко снизить количество аварийных ситуаций. Установка и содержание таких устройств, требует довольно крупных материаль-

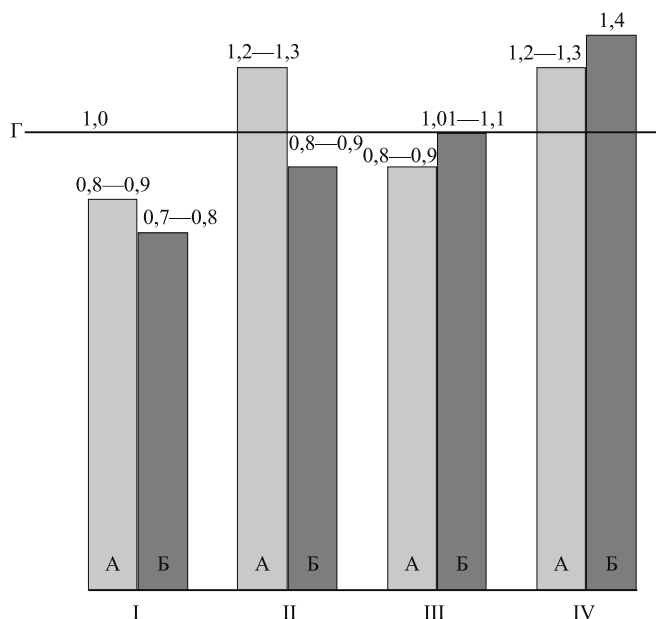


Рис. 3. Мониторинг участков I—IV по величине нарушений (А) в дорожно-транспортных происшествиях (Б) относительно статистической границы Γ — средняя статистическая граница для рассматриваемых участков в течение изучаемого периода (принятого за 1,0)

ных вложений. Поэтому целесообразно, используя статистические показатели, полученные по мониторингу обследуемых территорий, установить минимальное количество средств контроля движения, базируясь на средних показателях, как предельных границах для безопасности движения. При известной вероятности появления расчет требуемого числа средств управления может быть выполнен по [4], где в качестве критерия используются

$$N_{\text{расч}} \leq N_{\text{факт}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{расч}}$ — расчетное вероятностное количество происшествий в изучаемый период; $N_{\text{факт}}$ — среднее фактическое количество происшествий, установленное по результатам мониторинга.

$$N_{\text{расч}} > N_{\text{факт}}. \quad (2)$$

Если выполняется критерий (1), то на исследуемом участке не требуется дополнительных средств управления и контроля. Получения условия (2) показывает необходимость принятия мер по улучшению ситуации на дороге.

В большинстве стран мониторинг проводится за счет видеонаблюдения и постоянного анализа состояния в центрах управления движением [4—6]. Для этого требуется математическое описание процесса.

Множество вариантов установки средств управления движением с использованием парных воздействий обозначим через (R) . Это характеризует уровень детализации (r) .

Тогда по [4]

$$R \subset \otimes \{T_j, j \in \gamma_r\}, \quad (3)$$

где γ_r — множество видов возможных средств; $j = \overline{0}$; γ_i — множество наименований объекта T_j вида; \otimes — декартово произведение.

Система безопасности дорожного движения состоит из множества γ_j , где

$$\gamma \subset \otimes \{\gamma_1, 1 \in L\}. \quad (4)$$

Здесь $1 = \overline{0}$; L — множество воздействий структурных составляющих 1-го наименования на показатели безопасности движения; γ_1 — множество наименований средств управления.

Ограничением является условие полезности:

$$T \subset R \otimes \gamma, \quad (5)$$

Это показывает, что в "Т" не входят пустые множества R и γ .

Все элементы множества "Т" объединены в пары

$$T_j = (R_j; \gamma_j); T_j = \langle R_j; \gamma_j \rangle \quad (6)$$

Для (6) должна решаться задача оптимизации показателя управления. Точность решения зависит от объема и содержания исходной информации о возможностях вариантов управления, используемых в "Т".

Такие условия для рассматриваемых парных решений могут быть заданы в виде

$$R_j (j = \overline{1; J}) \text{ и} \\ \gamma_1 (1 = \overline{1; L}); R_i (i = \overline{1; J}) \gamma_i (1 = \overline{1; L}) \quad (7)$$

Условие (6) примет вид

$$(R_j; \gamma_j) = \arg \text{ext}, \\ P\{\Psi_i \subset (R; \gamma) \otimes F_i = F_i; i \in J\}, \quad (8)$$

где P — вероятность достижения предельного или заданного показателя эффективности управления, которая берется по аналогии с известными средствами управления, используемыми ранее (опыт, литературные источники, расчеты и др.); Ψ_i — функция, отражающая ограничения использования рассматриваемого парного воздействия на показатели качества F_i куда входят технико-экономические показатели (уровень освоения, финансовые затраты, экономическое состояние, возможности, показатели организационных структур, связи и др.)

В рассматриваемом случае под "1" понимают технико-экономические требования к i -му показателю множества характеристик качества F_i .

Решение задачи (8) позволяет минимизировать количество вариантов парных воздействий для достижения требуемого уровня управления за счет ограничений, учитывающих наличие освоенных, средств оснащения, кадров, их уровня и перспектив использования. Это многоальтернативная оптимизационная задача, обеспечивающая требуемые показатели использования средств управления (Т). Она позволяет сократить трудоемкость разработки "Т", устранить избыточность в структуре.

Если принять " F_i " в качестве критериев оптимизации, то множества γ и R можно рассмотреть отдельно с учетом подмножеств γ и R :

$$R \in R; \gamma \in \gamma. \quad (9)$$

Критерии могут быть выбраны по рекомендациям [5].

Любой из рассматриваемых вариантов (х) может быть рассмотрен как минимальная выборка из совокупности воздействий.

$$\left. \begin{aligned} X_{yi} = \arg \min \sum_{i=1}^{\beta_i} \delta_{\gamma_1}; i = \overline{1; L} \\ \sum_{i=1}^{\beta_i} \beta_{i\gamma_1} \delta_{\gamma_i} \geq 1; i = \overline{1; j}; 1 = \overline{1; L} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

Здесь δ_{γ_i} , $\beta_{i\gamma_1}$ — булевы переменные,

$$\left. \begin{aligned} \delta_{\gamma_i} = \begin{cases} 1 - \text{если } \gamma_i \text{ принадлежит} \\ \text{множеству } \gamma \in \gamma; \\ 0 - \text{если не принадлежит} \end{cases} \\ \beta_{i\gamma_1} = \begin{cases} 1 - \text{если } \gamma_i \text{ удовлетворяет} \\ \text{ограничениям функции } F_i \\ \text{по } i \text{ показателю} \\ 0 - \text{если не удовлетворяет} \end{cases} \end{aligned} \right\}. \quad (11)$$

Следующим этапом оптимизации является повышение эффективности парных воздействий $\langle R_j; \gamma_j \rangle$, до предельного расчетного или заданного показателя для множеств $R \otimes \gamma$.

Исходные данные включают легализацию воздействий функции F_i на эффективность средств управления "Т" в форме требований ($i = \overline{1; J}$).

Необходимо выбрать те требования, которые наиболее эффективно воздействуют на показатели качества, т. е. в каждой группе взять не более 1:

$$\overline{1}; R_j; \gamma = \overline{1}; J; \gamma = \overline{1}; \gamma_1; 1 = \overline{1}; L.$$

Это задача [4] многокритериальной оптимизации с булевыми и непрерывными переменными δ_{r_j} , δ_{γ_i}

$$\left. \begin{aligned} (\delta_{r_j} \delta_{\gamma_i}) = \arg \max P(\Psi_i; \delta_{r_j}; \delta_{\gamma_i}) = F_i; i \in J \\ u = \arg \min \Phi_i(u), i = \overline{1; J} \\ \sum_{r_j=1}^{R_j} \delta_{r_j} = 1; j = \overline{1; J} \\ \sum_{\gamma_1=1}^{\gamma_1} \delta_{\gamma_i} = 1; 1 = \overline{1; L} \\ u_{11} \leq u_1 \leq u_{12}; 1 = \overline{1; L} \end{aligned} \right\}. \quad (12)$$

Здесь u — управляющие воздействия на рассматриваемых этапах "Т"; u_{11} , u_{12} — нижний и верхний пределы воздействий средств управления; $\Phi_i(u)$ — функция связи между управляющим воздействием (u) и выбранными характеристиками управления ($R_j; \gamma_1$).

Решение имеет вид: булевы переменные δ_{rj} ; δ_{γ_1} находятся из условия

$$\delta_{rj} = \begin{cases} 1, & \text{если } r_j \text{ элемент множества } R \\ & \text{обеспечивает выполнение условия (8)} \\ 0, & \text{если не обеспечивает;} \end{cases}$$

$$\delta_{\gamma_1} = \begin{cases} 1, & \text{если } \gamma_1 \text{ элемент множества } g \\ & \text{обеспечивает выполнение условия (8);} \\ 0, & \text{если не обеспечивает.} \end{cases}$$

Решение считается успешным, если результирующий показатель (γ) близок к заданному (требуемому) показателю (γ_0).

$$\gamma \rightarrow \gamma_0. \quad (13)$$

Далее математически обосновывается последовательность воздействий элементов технологического процесса обеспечивающая наилучшие показатели качества объектов исследования. В [4] рассматривается обоснование места конкретного объекта управления всей системы в пределах технологического процесса как задача многоальтернативной оптимизации

$$\left. \begin{aligned} & \delta_{\min} = \operatorname{arccxt} \{F; \Psi(X_{mn})\}, \\ & \sum_{m=1}^L \delta_{mn} = 1; \quad m = \overline{1; L} \\ & \sum_{n=1}^L \delta_{mn} = 1; \quad n = \overline{1; L} \end{aligned} \right\}. \quad (14)$$

Здесь F характеризует ограничения $F = \Psi(\delta_{mn})$, где δ_{mn} — булева переменная; m, n — величина ограничений функции F .

Решение представляется в виде

$$\delta_{mn} = \begin{cases} 1, & \text{если рассматриваемое} \\ & \text{средство управления } (\gamma_n) \\ & \text{относительно к "m" индексу;} \\ 0, & \text{если не отнесено.} \end{cases}$$

Далее рассматривается оптимальное группирование средств управления в систему.

В этом случае задача по [4] выглядит так:

$$\left. \begin{aligned} & \delta_{mn} = \operatorname{arccxt} [\Psi f(\gamma_n)], \quad \delta_{mn} \\ & \sum_{m=1}^{\beta} \delta_{mn} = 1; \quad n = \overline{1; S}; \quad m = \overline{1; B} \\ & \gamma_S \leq Y_n; \quad S = \overline{1; S}; \quad n = \overline{1; S}; \quad S \neq n \end{aligned} \right\}. \quad (15)$$

Здесь $S = \overline{1; S}$ — шифры средств управления для первого варианта системы $b = \overline{1; B}$; B — шифры для второго варианта парной системы.

Решение выглядит в виде

$$\delta_{mn} = \begin{cases} 1, & \text{если } n \text{ средство входит в } m \text{ группу;} \\ 0, & \text{если не входит.} \end{cases}$$

Далее требуется общая оптимизация построения системы. Здесь количество взаимосвязанных воздействий может быть как угодно большим.

Вывод

Для достижения требуемого уровня управления в статье приведено математическое обоснование оптимального группирования средств управления в систему. Предложен выбор математической модели и метод решения задачи по оптимизации средств управления для повышения безопасности дорожного движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Increasing** psychological stability of vehicle drivers [Электронный ресурс] / V. A. Zelikov, G. N. Klimova, Y. V. Strukov, A. Y. Artemov, D. V. Likhachev // Ubiquitous Computing and the Internet of Things: Prerequisites for the Development of ICT / Editors (view affiliations) Elena G. Popkova. — Springer Verlag 2019. — Vol. 826. — P. 1129—1136.
2. **Traffic** safety as a factor of competitiveness of economic system and a reason for increase of differentiation of developed and developing countries: management on the basis of new ICT / V. A. Zelikov, Yu. V. Strukov, V. V. Razgonyaeva, R. A. Korablev, A. Yu. Artemov: В сб.: Lecture Notes in Networks and Systems. Proceedings Paper of International Conference. Editor Elena G. Popkova. — 2019. — P. 161—165.
3. **Психологические аспекты**, влияющие на БДД, и их учет при обучении водителей / Г. Н. Климова, В. А. Зеликов, Ю. В. Струков, Г. А. Денисов, В. В. Разгоняева // Грузовик. — 2020. — № 6. — С. 38—44.
4. **Проведение экспериментов** по адаптации средств организации дорожного движения на исследовательском комплексе по интеллектуальным транспортным системам // Интернет-журнал "Науковедение". — 2014. — Вып. 2(21). Режим доступа <http://znanium.com>
5. **Технические системы** в условиях неопределенности, анализ гибкости и оптимизация [Электронный ресурс]: уч. пос. / Г. М. Островский, Ю. М. Волин. — 3-е изд. — Эл. текст. дан.) pdf; 322 с.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.
6. **Шухман Ю. И.** Основы управления автомобилем и безопасность движения [Текст]: доп. М-вом образования и науки Рос. Федерации в качестве учеб. / Ю. И. Шухман. — М.: Академия: За рулем, 2010. — 160 с.

УДК 351.8

И. С. Тушко, начальник отдела транспортной безопасности, СПб. ГУП "Пассажиравтотранс", г. Санкт-Петербург, e-mail: info@avtobus.spb.ru

СЕРТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Сертификация технических средств обеспечения транспортной безопасности является независимым и сравнительно новым видом деятельности в отрасли транспортной безопасности, заслуживающим отдельного рассмотрения. В настоящей статье мы поговорим об участниках этого процесса, схемах обязательной сертификации, компетенции федеральных органов по сертификации и некоторых требованиях к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности.

Ключевые слова: транспортная безопасность, автомобильный транспорт, обязательная сертификация, ТС ОТБ, органы сертификации, схема сертификации.

Certification of technical means of ensuring transport security is an independent and relatively new type of activity in the transport security industry that deserves separate consideration. In this article, we will talk about the participants in this process, mandatory certification schemes, the competence of federal certification bodies and some requirements for the functional properties of technical means to ensure transport security.

Keywords: transport safety, road transport, mandatory certification, TS OTB, certification bodies, certification scheme.

Автомобильный транспорт России играет значительную роль в развитии экономики и обеспечении жизнедеятельности государства. Одним из важнейших критериев качества транспортных услуг является безопасность процесса перевозки. Это качество обеспечивается использованием надежной и безопасной техники, применением управленческих, перевозочных, информационных технологий, развитием транспортной инфраструктуры, обеспечением этой сферы деятельности квалифицированными кадрами [1].

Постановлением от 26 сентября 2016 года № 969 (далее — Постановление № 969) Правительство РФ утвердило Требования к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности (далее — ТС ОТБ) и Правила обязательной сертификации ТС ОТБ, оправдав высокое доверие, возложенное на Правительство РФ в ч. 8 ст. 12-2 ФЗ "О транспортной безопасности".

Получается, что ТС ОТБ, предназначенные для использования на объектах транспортной инфраструктуры и транспортных средствах, подлежат обязательной сертификации.

ТС ОТБ — это системы и средства сигнализации, контроля доступа, досмотра, видеонаблюдения, аудио- и видеозаписи, связи, оповещения, сбора, обработки, приема и передачи информации, предназначенные для использования на объектах транспортной инфраструктуры и транс-

портных средствах в целях обеспечения транспортной безопасности.

Что подлежит сертификации?

Согласно Постановлению № 969 сертификации подлежат технические системы и средства, используемые для:

- сигнализации (извещатели, системы оповещения, контрольные охранные приборы);
- контроля доступа (идентификаторы, считывающие устройства);
- досмотра (металлодетекторы, детекторы взрывчатых веществ);
- видеонаблюдения (видеокамеры, охранные системы);
- интеллектуального видеонаблюдения (средства идентификации физических лиц);
- видео- и аудиозаписи (видеорегистраторы, диктофоны);
- связи, приема и передачи информации (рации);
- оповещения (звуковое, световое оповещение);
- сбора и обработки информации (серверы).

Все перечисленное оборудование подразумевает установку и использование на объектах транспортной инфраструктуры и транспортных средствах в целях обеспечения транспортной безопасности.



Изображение с камеры видеонаблюдения

Участники обязательной сертификации

а) **федеральные органы по сертификации** — ФСБ России, МВД России, МЧС России, Рос­связь, Минтранс России в пределах установлен­ной сферы деятельности;

б) **органы по сертификации** — организации, подведомственные федеральным органам по сертификации, уполномоченные федеральными органами по сертификации на выполнение про­цедур, связанных с проведением обязательной сертификации ТС ОТБ;

в) **испытательные лаборатории** — юридические лица или индивидуальные предприниматели, ак­кредитованные в соответствии с законодатель­ством РФ об аккредитации в национальной си­стеме аккредитации для проведения испытаний ТС ОТБ;

г) **заявители** — юридические лица или индиви­дуальные предприниматели, зарегистрированные в соответствии с законодательством РФ на ее тер­ритории, обратившиеся с заявлением о проведе­нии обязательной сертификации ТС ОТБ.

При принятии решения о проведении обяза­тельной сертификации ТС ОТБ заявитель должен руководствоваться положениями не только Правил обязательной сертификации, но и законодательства Российской Федерации. Так, в соответствии с Пра­вилами заявителями могут быть только юридические лица или индивидуальные предприниматели. Со­гласно Гражданскому кодексу Российской Федера­ции филиалы и представительства организаций не являются юридическими лицами [2].

Федеральные органы по сертификации (ФСБ, МВД, МЧС, Рос­связь и Минтранс) отвечают за ут­верждение методик сертификационных испытаний для подтверждения соответствия образцов требо­ваниям Постановления № 969, утверждают форму сертификата, организуют работу по рассмотрению жалоб. Подведомственные органы по сертификации принимают и рассматривают заявки, заключают до­говоры с заявителями и аккредитованными исследо­вательскими лабораториями, отбирают образцы ТС



Технические системы и средства контроля доступа

Федеральный орган	Группа ТС ОТБ
ФСБ России	Системы и средства досмотра, интеллектуального видеонаблюдения
МВД России	Системы и средства сигнализации, контроля доступа, видеонаблюдения, аудио- и видеозаписи
МЧС России	Технические средства оповещения
Рос­связь	Средства связи, приема и передачи информации
Минтранс России	Системы сбора и обработки информации

ОТБ, проводят предварительную проверку и анализ, оформляют, выдают или отзывают сертификаты, ведут реестр и рассматривают жалобы.

Испытательные лаборатории проводят испытания согласно требованиям Постановления № 969 и установленным федеральными органами методикам, оформляет протоколы испытаний. Заявитель направляет в орган по сертификации заявку на проведение обязательной сертификации ТС ОТБ, предоставляет все необходимые документы и образцы, выбирает подходящую схему сертификации.

Сроки сертификации

Постановление № 969 вступило в силу 30 марта 2017 года. С этого момента все объекты транспортной инфраструктуры уже должны оснащаться лишь сертифицированными техническими средствами. Однако в некоторых группах технических средств методики проведения испытаний все еще разрабатываются, и должным образом сертифицированного оборудования в продаже попросту нет.

Нужно отметить, что с момента издания и начала действия Постановления № 969 прошло немало времени, прежде чем федеральные органы по сертификации определили рабочий порядок предоставления документации и ответственных исполнителей по ее рассмотрению, а заявители смогли подготовить и направить необходимую заявку на сертификацию. При этом установленные



Технические системы и средства досмотра

государством сроки проведения сертификации шли своим чередом. Что неминуемо приводило к административным наказаниям и штрафам транспортных предприятий со стороны Ространснадзора за изначально невыполнимое требование закона.

В этом плане в каком-то смысле спасительным стал Федеральный закон от 02.08.2019 № 270-ФЗ, который внес изменения в 16-ФЗ "О транспортной безопасности" и установил срок сертификации ТС ОТБ, установленных до издания Постановления № 969, до 1 января 2022 года.

Сертификационные испытания

При проведении сертификационных испытаний оценивается соответствие ТС ОТБ требованиям к их функциональным свойствам. Максимальный срок проведения сертификационных испытаний составляет не более 30 рабочих дней со дня принятия решения о проведении обязательной сертификации ТС ОТБ.

По результатам проведения сертификационных испытаний составляется протокол, который подписывается специалистами, проводившими испытания, и утверждается руководителем аккредитованной испытательной лаборатории.

Протокол сертификационных испытаний составляется в трех экземплярах. Максимальный срок оформления указанного протокола составляет пять рабочих дней со дня окончания проведения сертификационных испытаний.

Первый и второй экземпляры протокола сертификационных испытаний направляются в течение трех рабочих дней со дня оформления протокола сертификационных испытаний в орган по сертификации, третий экземпляр протокола сертификационных испытаний хранится в испытательной лаборатории.



Технические системы и средства видеонаблюдения. Изображение салона пассажирского автобуса

На основании анализа полученных результатов предварительной проверки производства (при наличии) и сертификационных испытаний орган по сертификации в течение 10 рабочих дней готовит экспертное заключение.

Схемы обязательной сертификации

Схема № 1 применяется при сертификации единичных образцов ТС ОТБ по заявке заявителя и предусматривает сертификационные испытания единичных образцов, взятых у заявителя. Сертификат соответствия выдается только на сертифицируемый единичный образец.

Схема № 2 применяется при сертификации партии ТС ОТБ по заявке заявителя и предусматривает сертификационные испытания образцов, взятых у заявителя из этой партии. Сертификат соответствия выдается только на сертифицируемую партию.

Схема № 3 применяется при сертификации серийно выпускаемых ТС ОТБ по заявке заявителя и предусматривает сертификационные испытания образцов, взятых у заявителя, и предварительную проверку производства на предмет оценки возможности заявителя выпускать в течение срока действия сертификата соответствия ТС ОТБ. Сертификат соответствия выдается на 3 года. Сертифицированные ТС ОТБ подвергаются периодическому инспекционному контролю. Периодичность, сроки и объем инспекционного контроля определяются программой, согласованной органом по сертификации с держателем сертификата соответствия.

Схема № 4 применяется при сертификации ТС ОТБ, установленных на объектах транспортной

инфраструктуры или транспортных средствах, по заявке заявителя и предусматривает сертификационные испытания образцов на объектах транспортной инфраструктуры или транспортных средствах. Сертификат соответствия выдается на сертифицируемый образец или сертифицируемую партию ТС ОТБ, установленных на конкретном объекте транспортной инфраструктуры или транспортном средстве.

Заявитель для получения сертификата соответствия направляет в орган по сертификации в зависимости от его сферы деятельности заявку на проведение обязательной сертификации ТС ОТБ. К заявке прилагаются:

- 1) технические условия (для серийно выпускаемых ТС ОТБ);
- 2) паспорт (формуляр) на ТС ОТБ;
- 3) комплект эксплуатационной документации на ТС ОТБ (техническое описание, инструкция по эксплуатации, инструкция по монтажу, регламент технического обслуживания);
- 4) сертификаты соответствия (декларации о соответствии) требованиям безопасности и электромагнитной совместимости.

Перед выбором схемы сертификации рекомендуется еще раз внимательно изучить Правила обязательной сертификации, так как каждая схема сертификации имеет свои особенности. Схема № 3 (серийное производство) предполагает не просто получение сертификата соответствия со сроком действия три года, но и проведение регулярного инспекционного контроля сертифицированных технических средств, который подразумевает проверку производства даже при наличии сертификата менеджмента качества, а также испытаний новых серийных образцов технических средств. При этом инспекционный контроль проводится за счет средств держателя сертификата. Более того, заявитель несет ответственность за соблюдение всех положений Правил обязательной сертификации: он обязан извещать орган по сертификации об изменениях, внесенных в техническую документацию или в технологический процесс производства [2].

Требования к функциональным свойствам на примере технических систем сбора и обработки информации

К техническим системам сбора и обработки информации Постановлением № 969 предъявляются следующие требования:

- а) выполнение запросов на сбор, обработку и получение информации в соответствии с полномочи-



Технические системы и средства связи, приема и передачи информации



Технические системы и средства сбора и обработки информации

ями, задаваемыми в процессе администрирования прав пользователей, инициировавших запросы;

б) срок хранения собранной информации — не менее 30 суток;

в) скорость получения информации — не более 15 секунд в расчете на 1 сутки запрашиваемого диапазона времени;

г) скорость получения информации — не более 60 секунд в расчете на 30 суток запрашиваемого диапазона времени;

д) количество одновременно обрабатываемых запросов на получение информации — не менее 30.

Технические системы сбора и обработки информации должны обеспечить:

а) взаимодействие с системой сбора результатов технического мониторинга и контроля при получении и передаче информации в указанную систему по локальной сети Ethernet с использованием стека протоколов семейства TCP/IP;

б) обмен информацией с системой сбора результатов технического мониторинга и контроля с использованием унифицированного протокола передачи данных и формата метаданных, разработанного на основе XML.

Актуальные вопросы

Одной из самых злободневных проблем, связанных с Постановлением № 969, остается утверждение методик проведения испытаний. К примеру, на данный момент они не включают параметров, определяющих необходимый технический уровень заявленного для сертификации досмотрового оборудования. Соответственно, методики еще нуждаются в доработке и будут продолжать совершенствоваться. Также сложность при сертификации досмотровой техники представляет ограниченное число аккредитованных испытательных лабораторий.

Критике эксперты подвергают также некоторые отдельные пункты Постановления № 969. К примеру, в "Требованиях к функциональным свойствам технических систем и средств сигнализации" прописан уже устаревший ГОСТ Р52435—2005, который несколько лет назад был заменен ГОСТом Р 52435—2015. Требования к системам тепловидеонаблюдения профессионалы считают вовсе невыполнимыми из-за пункта об определении размера матрицы 600 × 800 линий и цветного изображения, которому не соответствует ни одна из имеющихся на рынке моделей.

Много проблем появляется у производителей или владельцев технических средств, детали которых произведены за рубежом (к примеру, китайские объективы видеокамер), ведь представить на них документы соответствия ГОСТам не выйдет — в других странах их просто нет.

Итоги

Постановление № 969 — большой шаг к изменению текущей ситуации на рынке ТС ОТБ8. Оно было призвано вытеснить недобросовестных производителей, упорядочить и регламентировать эту отрасль. Однако также необходимы отработка и внедрение правильных методик испытаний и усовершенствование других пунктов.

Транспортная безопасность сегодня должна находиться на самом высшем уровне, так как от ее качества зависит здоровье и жизни обычных людей, пользующихся транспортными средствами. В современных условиях существует великое множество устройств и систем, которые эту безопасность обеспечивают — сигнализация, электрзвучковые системы оповещения, видеонаблюдение, в том числе с интеллектуальными системами распознавания лиц, устройства радиосвязи, металлодетекторы, оборудование для досмотра, аппаратура аудиозаписи, устройства ограничения доступа, техника для сбора и обработки данных и многое другое.

Любые технические устройства и средства, заявленные для обеспечения транспортной безопасности, требуют прохождения сертификации на свою пригодность и соответствие всем современным нормам, стандартам, удовлетворяющим должную безопасность на высшем уровне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Симонов М. В.** Развитие системы сертификации автотранспортных средств в Российской Федерации // Концепт. — 2014. — Спецвыпуск № 10. — С. 1—6.
2. **Киселев А.** Обязательная сертификация технических систем и средств досмотра // Системы безопасности. — 2019. — № 3(147). — С. 62—63.

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК

М. А. Калинин, зам. главного редактора "Грузового портала", г Москва,
e-mail: gruzovoportal.abiznews@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТРЕНДЫ КОММЕРЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

В настоящее время на рынке, пожалуй, не осталось автопроизводителей, которые бы не занимались модернизацией силовой линии, внедряя передовые концепции альтернативных видов энергии, а так же реализацией проектов, ориентированных на 4 и 5 уровень автономного движения. В статье рассказывается о том, как эти вопросы решаются в Volvo Trucks, о видении компании перспективных трендов мобильности.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, уровни автономности, самообучаемость, инфраструктура, лидар, GPS-метки, силовая линия, электрогрузовик, пробег на одной зарядке.

Currently, there are probably no automakers left on the market who would not be engaged in the modernization of the power line, introducing advanced concepts of alternative types of energy, as well as the implementation of projects focused on the 4th and 5th levels of autonomous movement. The article explains how these issues are being addressed at Volvo Trucks, and the company's vision for future mobility trends.

Keywords: road transport, levels of autonomy, self-learning, infrastructure, lidar, GPS-tags, power line, electric truck, mileage per charge.

Автомобильный транспорт (и коммерческий, и частный) фактически только-только обратил свое внимание на беспилотное движение. При этом, ведя диалог о 4-м и 5-м уровне автономности, надо понимать, что автономность не может существовать в вакууме, как некая замкнутая архитектура. Вся суть данной концепции базируется на трех фундаментальных столпах, неразрывно связанных с передовыми информационными технологиями: подключенности (connected cars), автоматизации и электромобильности.

То есть на своих топовых уровнях автономность по факту предполагает наличие взаимодействия между автомобилем — скорее, все же электроавтомобилем — и инфраструктурой. Это так называемый концепт vehicle-to-infrastructure. И если мы хотим, чтобы колесное транспортное средство (грузовик, автобус и т. д.) было безопасно для общества и в обозначенный срок, и в нужную точку перевозило грузы и пассажиров, оно должно эффективно взаимодействовать с инфраструктурой для составления наиболее оптимальных маршрутов. Более того, искусственный интеллект, лежащий в основе разработок 4-го и 5-го уровня автономности, предусматривает самообучаемость опять же через взаимодействие с инфраструктурой.

Обращаясь к истории, можно констатировать следующее. Развитие системы происходило вполне закономерно. Процесс стартовал в конце 1990-х —

начале "нулевых" годов с комплекса самых элементарных (естественно, с позиции сегодняшнего дня) систем помощи водителю. Постепенно они усложнялись, обрастая функционалом и сводя участие человека, как в отдельных действиях, так и в их совокупности к минимуму. В электронных, электромеханических и электрогидравлических системах креп интеллект, они научились регулировать мощность двигателя, сохраняя заданную скорость и ускоряясь, управлять тормозными механизмами, поддерживать заданные климатические параметры, обнаруживать препятствия и притормаживать перед ними, удерживать автомобиль в полосе движения, считывать дорожные знаки и разметку и т. д.

Поэтапно автоматизировалось все больше и больше функций, освобождая шофера от его непосредственных обязанностей и нивелируя человеческий фактор, чтобы на пике электронно-технологической эволюции выйти на 5-й уровень автономности, когда коммерческий автомобиль сможет выполнять весь спектр транспортно-строительных операций без вовлечения водителя, лишь по мере необходимости ориентируясь на команды центра управления.

В этой связи вторая новость — хорошая — состоит в том, что примеры реализации самых высоких уровней автономности уже есть. И это не опытные образцы или прототипы. Машины

реально эксплуатируются в разных промышленных секторах, на них при желании можно посмотреть, а с опытом их использования — познакомиться.

И в шахте, и в порту, и...

В шахтах Швеции уже используется автономный самосвал Volvo. Дело в том, что многие шахты разрабатываются взрывным методом, и в течение примерно около суток после взрыва в шахте не должны появляться рабочие — это крайне опасно из-за большой загазованности. А автономному беспилотному автомобилю всё нипочем — по лидметкам, по лидарам он идет по маршруту, выполняя поставленные задачи, обеспечивая практически безостановочное функционирование шахты.

Полуавтономный сборщик сахарного тростника от Volvo работает на полях Бразилии. Самосвал появился здесь неслучайно, так как из-за неровного движения грузовика по земле — неровного, исключительно ввиду человеческого фактора, поскольку водитель едет, как принято говорить, "на глазок" — порядка 4 % урожая ежегодно гибло. Выходило, что собирали не весь урожай и с большими потерями.

Применяемая машина соответствует 4-му уровню автономности — рядом постоянно находится водитель, при этом все GPS-метки заранее "зашиты" в систему (под полуавтономный сборщик сахарного тростника поля разметили специальным образом для более точного движения). В результате автомобиль едет просто идеально ровно, как будто по рельсам. А урожай? А урожай бурно растет, без опасности быть частично уничтоженным во время сборки!

Ну а наиболее прогрессивным реально функционирующим автономным транспортным средством Volvo, несомненно, является Vega. Мы под-

робно рассказывали о ней в одной из публикаций журнала. Напомним ключевые технические характеристики: энерговооруженность — 200 кВт·ч, запас хода — 100 км, индукционная зарядка — 30 мин, грузоподъемность — до 32 т, скорость — до 40 км/ч, собственная масса — 6,5 т.

Сегодня Vega (два автомобиля) работает в порту Гётеборга, наглядно демонстрируя, каким образом беспилотное транспортное средство, управляемое из единого центра, может встраиваться в повторяющиеся системные задачи на ограниченной территории. Эксплуатация осуществляется со скоростью 20 км/ч на коротком плече — 1,2 км, из которых около 40 м — дорога общего пользования. И на этих сорока метрах машина ведет себя абсолютно правильно, верно понимая кого надо пропускать.

Vega интегрирована в цикл повторяющихся операций. Все автомобили программируются оператором, получая утром задания, а вечером, скажем так, "отчитываясь" об их исполнении. Поэтому пользователь оперативно получает актуальную информацию о выполненной работе, количестве перевезенного груза, затраченной электроэнергии и т. д. Иными словами, он может сразу же посчитать деньги — свести, как говорится, дебет с кредитом.

Всем же понятно: бизнес — это не игра. Транспортники вполне справедливо хотят, чтобы он не замыкался на поломках, на переменных затратах, связанных с топливом, с зарплатами водителей и т. д. Они уже первого числа хотят знать, с какими результатами закончат месяц. И вот в данном случае формат повторяющихся операций на коротком плече, когда заранее известно все, что пойдет в "минус", и все, что окажется в "плюсе", — это идеальный кейс для анализа и дальнейшего развития концепции.

...И далее

Со временем, если представить себе экспоненту эволюции, автономные автомобили, взаимодействующие по принципу vehicle-to-infrastructure, плавно перейдут с закрытых территорий на дороги общего пользования. Эти машины будут полностью готовы к реализации поставленных заданий, поскольку все алгоритмы будут отлажены в рамках опытных эксплуатаций и доведены до оптимальной настройки. При этом автомобили будут действовать строго в рамках жестких протоколов, а их владельцы получают прекрасную возможность лучше прогнозировать свой бизнес.



Автономное транспортное средство Volvo Vega

Но никто не заменит технологии по щелчку. Имея в общей сложности сотни миллионов единиц комтранса на планете, мы просто физически не сможем в один миг провести технологическую рокировку, внедрив повсеместную автономность.

Более того, по мнению авторитетных экспертов отрасли, развивать эффективные технологии 4-го и 5-го уровня автономности без внедрения электромобильности невозможно. И даже если предположить, что ДВС самых последних поколений имеет довольно-таки совершенную конструкцию, которую можно продолжать модернизировать, выжимая из нее больше, все равно на определенном этапе мы непременно столкнемся с тем, что в связи с ужесточением экологических нормативов, возрастанием требований клиентов и проч., ДВС, как агрегат, упрется в свой абсолютно естественный потолок развития.

Специалисты Volvo Trucks полностью разделяют этот взгляд, уже предлагая рынку первые серийные решения в области электротранспорта. Так, в конце минувшего года в Швеции, Норвегии, Германии, Швейцарии, Франции и Нидерландах стартовали продажи электрогрузовиков Volvo FL Electric и Volvo FE Electric. Они предназначены для перевозки грузов, вывоза отходов и выполнения широкого спектра прочих транспортных задач в условиях города. Полная разрешенная масса модели Volvo FL Electric составляет 16 т, а модели Volvo FE Electric — 27 т. То есть в городской дистрибуции у Volvo Trucks уже есть готовые машины.

А что дальше? Очевидно, что ни один из производителей коммерческой техники не может пере-

прыгнуть через сегмент, потому что запас хода и энергоемкость батарей на сегодняшний день, что уж скрывать, это тема постоянного улучшения и серьезных размышлений. Процесс идет поступательно, достаточно экзистенциально и пока что не очень быстро.

Но тем не менее он идет, и это уже само по себе обещает определенные результаты. Результаты, несомненно, положительные, поскольку в такой ситуации любой результат если он достигнут — положителен. Даже неудачный, потому что при его правильной интерпретации технология все равно продвигается на шаг вперед.

Поэтому следующим этапом Volvo Trucks заходит в сегмент региональных перевозок и городских строительных операций. Это значит, что грузовики станут тяжелее, грузы — массивнее, а плечо — больше (если его сравнивать с тем, что предполагает городская дистрибуция или развозные операции по вывозу бытовых отходов).

У производителя уже есть концептуальные разработки машин для этих сегментов, активно проводятся испытания, тестируются системы и процедуры управления. Концептуальный автомобиль для региональных транспортных операций имеет конфигурацию 4×2 или 6×2 под разнообразные надстройки и изотермический бокс с возможностью транспортировки в формате тягача бортовых платформ или полуприцепов. Пробег на одной зарядке — до 300 км.

В свою очередь, вариант для городского строительства предусматривает пробег на одной зарядке примерно до 200 км. Возможные надстройки традиционны — самосвальные полуприцепы, автобетоносмесители, краны и проч.

В качестве силовой установки на обоих транспортных средствах используются агрегаты с двухступенчатой трансмиссией, которыми уже комплектуются Volvo FL Electric и Volvo FE Electric. Максимальная мощность — 400 кВт, номинальная — 330 кВт. Максимальный момент — 28 кНм. И, обратите особое внимание, масса силовой линии — примерно 340 кг, что в сравнении с классической в составе ДВС просто пустяк. То есть в целом экономия очень значительная.

Volvo FL Electric оснащается четырьмя модулями батарей (каждый на 50 кВт·ч), масса порядка 2 т. На Volvo FE Electric — до шести модулей, массой чуть более 3 т. На концептуальные модели для региональных и строительных операций пока устанавливается по четыре батарейных модуля



Электрогрузовик Volvo FE Electric



Электрогрузовик Volvo FL Electric

массой также около 2 т. Для понимания — электрогрузовикам, в соответствии с европейским законодательством, допускается превышение осевых нагрузок на 1 т. Плюс компенсация за счет более легкой силовой линии.

А теперь о зарядке. Volvo Trucks так же как и другие производители автотехники находятся в тесном взаимодействии с энергетическими сетями. Сегодня все операторы достаточно ясно осознают, что этот рынок будет активно расти, становясь все более конкурентным и прибыльным, поэтому многие энергетические сети хотят на нем уже сейчас зафиксировать свои позиции, теша лидирующие амбиции. Но проблема в разрывании инфраструктуры.

На данный момент зарядные точки в Европе энергично адаптируются под грузовой транспорт, их мощность повышается. Уже есть станции мощностью 350 кВт и на подходе — год-полтора до внедрения в эксплуатацию — станции по 500 кВт и выше. По оценочным прогнозам Европейской ассоциации автопроизводителей (ACEA), к 2030 г. на континенте будет 20 тыс. зарядных станций мощностью 150—500 кВт и 6000 станций более 500 кВт не только в городах, но и на междугородних магистралях.

Тем не менее, вопрос зарядки остается довольно-таки острым. Для его эффективного решения эксперты Volvo Trucks предлагают следующий подход. Это, естественно, не панацея, но методика весьма действенная. Заключается она в том, чтобы с предельной пользой использовать каждый период времени, когда грузовики не находятся в движении. Во-первых, установка электрозаправок в транспортном предприятии, где автомобили проводят ночь. От 6 до

12 ч зарядки позволяют дозарядить машину до уровня 80 % энергоэффективности.

Во-вторых, погрузочно-разгрузочные работы на логистических терминалах. Ни в коем случае нельзя упускать такую отличную возможность пока автомобиль находится у пандуса, водитель оформляет документы и т. д. За имеющиеся час-полтора батареи можно пополнить на 15—20 %. В-третьих, остановки в пути, например, для соблюдения режима труда и отдыха, обеда/ужина. За 15—45 мин запросто восстанавливается еще 5—10 % энергоэффективности.

Конечно же, со всеми этими выкладками можно ожесточенно спорить, с пеной у рта доказывая несостоятельность концепции в целом или отдельных ее аспектов, но даже уже набранный темп развития (а в дальнейшем он, безусловно, будет только усиливаться) позволяет Volvo Trucks сформировать достаточно точное видение перспектив транспортной отрасли вплоть до 2050 г.

Электропривод однозначно будет постепенно вытеснять ДВС, однако техника на двигателях внутреннего сгорания и в середине столетия не исчезнет. Она по-прежнему будет востребована в тяжелых горнодобывающих работах, где необходима повышенная производительность. Вероятно, еще в некоторых областях, где эксплуатация электромобилей затруднена. Но примерно на рубеже 2030—2040 гг. должен произойти коренной перелом, в ходе которого чаша весов сместится в пользу электрообъемности. Именно так в понимании Volvo Trucks выглядит эволюция.

Что тут сказать? Поживем — увидим. Осталось всего каких-то тридцать лет. Многие из нас смогут взглянуть в лицо будущему и сделать окончательные выводы. А пока... Пока нам следует набраться терпения и охладить скептические настроения. Потому что про подобные действительно в полном смысле слова тектонические технологические процессы нельзя рассуждать в моменте, в ракурсе текущего состояния. На них нужно смотреть сквозь призму перспективы. Ну разве еще 10—15 лет назад могли бы мы о таком даже подумать? Могли бы мы себе представить, что будем всерьез рассуждать о перспективах электромобилей и передвигаться по городу в электробусах? Определенно, большинство из нас — нет. Поэтому, зачем спорить сейчас? Давайте лучшеждемся будущего, оно обязательно придет и рассудит спорщиков. Так всегда было и так всегда будет.

ИНФОРМАЦИЯ

ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

РУКОВОДИТЕЛЬ "КАМАЗА" ПРОТЕСТИРОВАЛ НОВЫЙ МАГИСТРАЛЬНЫЙ ТЯГАЧ НА ТРАССЕ

В блоке развития ПАО "КАМАЗ" разработан обучающий инструктаж для водителей автомобилей КАМАЗ-54901, позволяющий выработать экономичный стиль вождения. Генеральный директор "КАМАЗа" Сергей Когогин лично испытал методику и подтвердил, что топливная экономичность зависит от стиля управления автомобилем.

Проехав за рулем магистрального тягача КАМАЗ-54901 по участку трассы М-7, Сергей Когогин протестировал новую модель в условиях, близких к реальной эксплуатации. Руководитель автогиганта, который имеет соответствующую водительскую категорию, с большим интересом принял участие в эксперименте, а затем стал участником брифинга по топливной экономичности новинки модельного ряда. На автомобиле КАМАЗ-54901 предстояло проехать от Набережных Челнов до Мамадыша, пройти инструктаж и использовать полученные знания на обратном пути в Набережные Челны. После завершения маршрута в передвижной лаборатории был проведен полный анализ стиля вождения Сергея Когогина "до" и "после" обучения.

Перед началом эксперимента заместитель генерального директора "КАМАЗа" по развитию Ирек Гумеров напомнил, что в машине установлен компонент Системы спутникового мониторинга и контроля эксплуатации транспортных средств ИТИС-КАМАЗ. Его алгоритм распознает, какой

разгон и какое торможение было совершено на рельефных и на равномерных участках трассы. Далее происходит оценка, как вел себя водитель на каждом из них, и строится график. Цветовая гамма показывает расход топлива: чем больше зеленого цвета, тем меньше расход, а чем ближе к красному спектру, тем больше затраты топлива.

Длина маршрута в одну сторону составила 97 км. Общий расход топлива в сторону Мамадыша был 31,2 л, соответственно удельный расход топлива на 100 км — 32 л. Целевой расход (это показатели 10 % лучших водителей, которые ездили по этому же участку) составляет 28 л. Получилось, что руководитель автогиганта израсходовал на четыре литра больше эталонного показателя. Почему так произошло? Одна из причин — не был использован круиз-контроль (это лишний расход 1,5 л топлива на 100 км), второе — совершение резких торможений, третье — неиспользование кинетической энергии на подъемах. В итоге соответствие уровню эталонного водителя составило 50 %.

Обратный путь проходил после инструктажа. Как показал анализ, соответствие выросло до 80 %, а средний удельный расход топлива на 100 км значительно улучшился.

"Мы начали продавать грузовики нового поколения КАМАЗ-54901, заявляем очень серьезные характеристики, и важно, какой водитель сядет за руль. Некачественное вождение может перечеркнуть работу всего нашего коллектива, и клиент не получит того, что мы ему обещали. Сегодня мы поставили эксперимент: я, непрофессиональный водитель грузового автомобиля, ехал так, как понимал дорогу. Я убедился, что та система обучения, которую мы предлагаем нашим клиентам вместе с автомобилем, позволяет за короткий промежуток времени подготовить водителя, чтобы добиться очень хороших результатов", — прокомментировал Сергей Когогин.

Как сообщил Ирек Гумеров, совместно с МИТТУ, учебным центром "КАМАЗа", планируется создать адаптированный курс для водителей КАМАЗ-54901.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"



ПЕРВЫЕ ПРЕДСЕРИЙНЫЕ ОБРАЗЦЫ АВТОМОБИЛЯ "ВАЛДАЙ NEXT" СОШЛИ С КОНВЕЙЕРА ГОРЬКОВСКОГО АВТОЗАВОДА

На Горьковском автозаводе собраны первые предсерийные образцы среднетоннажного грузового автомобиля нового поколения "Валдай NEXT". Новый городской грузовик полной массой 6,7 т займет продуктовую нишу между "тяжелыми" модификациями "ГАЗель NEXT" полной массой 4,6 т и среднетоннажным грузовиком "ГАЗон NEXT" (полная масса от 8,7 т). Уменьшение габаритов автомобиля позволит обеспечить минимальный радиус поворота, городскую маневренность и максимальную эффективность использования грузового пространства. Автомобиль будет комплектоваться новой шестиступенчатой коробкой передач собственной разработки ГАЗа. Серийное производство новинки запланировано на осень 2020 г.

С конвейера Горьковского автозавода сошли первые экземпляры среднетоннажного городского грузовика "Валдай NEXT". Пилотные образцы предназначены для отработки производственных процессов и проведения опытной эксплуатации в реальных условиях.

На автомобиль будет устанавливаться бескапотная кабина производства компании Foton. Применение бескапотной компоновки позволило увеличить на 800 мм длину доступного для использования грузового пространства и обеспечить оптимальное для городского коммерческого автомобиля сочетание большого объема кузова и высокой маневренности.

Основное направление использования "Валдай NEXT" — городской развозной фургон. Также на его базе будут выпускаться различные варианты специальной техники для городского хозяй-

ства. Высокая степень унификации автомобиля по шасси со "старшей" линейкой грузовиков "ГАЗон NEXT" (рама, мост, передняя ось, передняя и задняя подвески, тормозная система и рулевое управление) позволит снизить эксплуатационные затраты для клиентов, которые эксплуатируют разные модели автомобилей ГАЗ.

Полная масса нового среднетоннажника — 6,7 т, грузоподъемность (по шасси) — 3,7 т. Автомобиль займет нишу между "тяжелой" версией "ГАЗели NEXT" (полная масса 4,6 т, грузоподъемность — до 2,2 т) и "ГАЗоном NEXT" (полная масса 8,7 т, грузоподъемность — до 5 т).

Применение дизельного двигателя Cummins ISF 2,8 в сочетании с новой 6-ступенчатой коробкой передач, разработанной на ГАЗе, позволило добиться низкого уровня расхода топлива обеспечить передачу высокого (до 360 Нм) крутящего момента.

Автомобиль оснащен пневматической тормозной системой с дисковыми тормозными механизмами на всех колесах, интегральным рулевым управлением, широким набором электронных систем помощи водителю, в том числе: ABS (антиблокировочная система), EBD (система распределения тормозных усилий), ESP (система курсовой устойчивости).

Комфортабельная и эргономичная кабина оснащена эффективной отопительной системой с электрорегулировкой и электрообогревом зеркал, светодиодными ходовыми огнями. Опционально автомобиль будет комплектоваться кондиционером, предпусковым подогревателем и накрывным обтекателем.

Вадим Сорокин, президент "Группы ГАЗ":

— Выпуск новой модели позволит нам завершить формирование полной линейки грузовых автомобилей полной массой от 2,8 до 10 т. Бескапотная кабина не применялась на автомобилях ГАЗ с середины 90-х годов — с завершением производства внедорожника ГАЗ-66. В связи с заметным ростом спроса на городской развозной транспорт мы решили на "Валдае NEXT" вернуться к бескапотной компоновке. Адаптация имеющейся на рынке кабины позволила резко сократить сроки подготовки к запуску новой модели и снизить стоимость машины для покупателей. Сочетание бескапотной кабины с уже проверенным и хорошо заре-



комендовавшим себя среднетоннажным шасси ГАЗ, популярным дизельным двигателем и собственной коробкой передач позволило создать экономичный, маневренный и функциональный грузовик, оптимально подходящий для современного города.

Проект Горьковского автозавода по организации серийного производства "Валдай NEXT" ведется при поддержке Фонда развития промышленности РФ.

Пресс-служба "Группа ГАЗ"

РЯДНЫЕ ДВИГАТЕЛИ КАМАЗ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНОГО И ТЯЖЕЛОГО СЕМЕЙСТВ

На "КАМАЗе" продолжается работа над семейством шестицилиндровых рядных двигателей. Вслед за двигателем Р6 (КАМАЗ-910.10), предназначенного для магистрального тягача КАМАЗ-54901, создана новая модификация — для тяжелых самосвалов.

"КАМАЗ" запустил в серийное производство флагман линейки К5 — магистральный тягач 54901. В конце мая стартовали продажи этого автомобиля. Следующим семейством линейки К5 станут тяжелые самосвалы, для которых была разработана новая модификация двигателя Р6. Напомним, по проекту "Тибет" компания будет производить широкий модельный ряд двигателей КАМАЗ-910.10 стандарта "Евро-5" и "Евро-6" в диапазоне мощностей от 380 до 550 л. с.

Как отмечают инженеры компании, принципиальных отличий двигателей КАМАЗ-910.10 для тяжелого и магистрального автомобиля К5 в части механизмов и систем нет: базовые узлы и механизмы двигателей Р6 магистрального и тяжелого семейства одни и те же. Одна из отличительных особенностей двигателей для тяжелых автомобилей связана с рабочим процессом. Так, с целью достижения требуемых тягово-динамических и экономических характеристик, с учетом характерных режимов работы тяжелого семейства автомобилей, уточнена калибровка рабочего процесса двигателя.

Кроме того, есть отличия в навесном оборудовании. Для отдельных комплектаций тяжелых автомобилей (под бетоносмесители) предусмотрена дополнительная установка привода КОМ (коробка отбора мощности) для отбора мощности напрямую от двигателя. Также на некоторых комплектациях автомобилей предполагается установка насоса ГУР повышенной производительности

(для многоосных автомобилей). Межсервисный интервал этих двигателей составляет 150 тыс. км. Для сравнения, интервал технического обслуживания двигателей Р6 для магистральных тягачей на текущий момент составляет 120 тыс. км (для I категории условий эксплуатации).

По словам специалистов Научно-технического центра компании, основные работы по двигателю Р6 можно считать завершенными. В настоящее время проводятся адаптационные работы в составе собранных опытных образцов базовых комплектов тяжелых автомобилей К5. Идет настройка электронной системы управления, отработка взаимодействия с коробкой переключения передач. Эти работы планируется завершить до конца 2020 г. Запуск очередной модификации двигателя Р6 (для тяжелых автомобилей) в серийное производство планируется в начале 2021 г.

В процессе разработки опытные образцы двигателей Р6 для тяжелого семейства прошли полный комплекс испытаний. Нарботка опытных образцов двигателей на стендах составила 40 тыс. ч, включая длительные испытания по эксплуатационным режимам, на безотказность и на термощок. Кроме того, двигатели прошли комплекс испытаний в составе опытных автомобилей — общая наработка двигателей Р6 (индекс 910.10) составила порядка 5 млн км.

Дальнейшие исследовательские работы по двигателю Р6 будут направлены на повышение его основных потребительских свойств, в числе которых топливная экономичность и экологическая безопасность. Кроме того, сейчас в компании ведутся работы по созданию газовой версии нового двигателя.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

FM LOGISTIC ОТЧИТАЛАСЬ О РЕЗУЛЬТАТАХ СВОЕЙ РАБОТЫ В РОССИИ И В МИРЕ

В июне группа FM Logistic опубликовала результаты деятельности за 2019—2020 финансовый год на своем сайте. В начале июля российское подразделение отчиталось об итогах работы на пресс-конференции. В этом году ее провели в онлайн-формате.

Оборот группы FM Logistic за прошедший финансовый год (апрель 2019 — март 2020-го) составил 1,43 млрд евро, что на 8,7 % (или на 8 % без учета влияния колебаний курсов валют) больше, чем годом ранее. Прибыль до вычета налогов (ЕБИТ) составила 42,5 млн евро, что на 21 % больше прошлогоднего показателя. Эти результаты отражают стремление компании к росту, который обеспечивают ее прочные отношения с клиентами и улучшение операционной производительности.

Жан-Кристоф Маше, генеральный директор группы FM Logistic: "Наша компания снова добилась впечатляющих результатов. Рост ЕБИТ на 21 % подтверждает правильность выбора нашей долгосрочной стратегии развития. Рост дохода был полностью органическим и объясняется высоким уровнем продаж и внедрением новых услуг, особенно в области многоканальной и городской логистики. Вспышка COVID-19 не оказала существенного влияния на итоги финансового года, закончившегося в марте 2020-го. Однако начало нового периода было более сложным. В апреле и мае мы увидели общее снижение оборота на 9 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года и значительное увеличение опе-

рационных расходов, связанное с профилактикой распространения коронавирусной инфекции COVID-19. Мы продолжаем предпринимать все усилия для защиты наших сотрудников, удовлетворения потребностей наших клиентов и укрепления нашего финансового положения. Почти все объекты компании работают. Что наиболее важно, FM Logistic финансово стабильна, клиентский портфель сбалансирован и состоит из производителей продовольственных и FMCG-товаров, а также ритейлеров. Мы располагаем широкими возможностями в области цифровизации логистики, каждое подразделение международной компании хорошо знает рынок своей страны и эффективно управляет бизнесом. Преимуществом компании является и то, что ее акции находятся в семейном управлении. Наши услуги помогают удовлетворить основные потребности бизнеса и населения. Все это вселяет в нас уверенность в том, что мы сможем пережить этот необычный период".

Оборот транспортного подразделения превысил 500 млн евро и составил 36 % от общего объема. Этому поспособствовало расширение сервисов LTL и внутригородской доставки. Услуга Citylogin стала доступна в испанских Бильбао, Сарагосе и Кордове и охватывает теперь около тридцати городов Европы.

В 2019—2020 финансовом году FM Logistic предприняла дополнительные шаги, направленные на внесение вклада в устойчивое развитие логистической отрасли. Они включали внедрение программы безопасности труда во всех 14 странах присутствия компании, разработку совместно с французской инженерной школой UTC эргоскелета, предназначенного для сборщиков заказов на складе, предоставление клиентам информации об экологических и социальных последствиях работы логистического оператора, а также старт проекта Zero waste. Благодаря этим усилиям FM Logistic стала одной из лучших компаний по показателям корпоративной социальной ответственности и получила статус Gold рейтинга EcoVadis. Этого удалось достичь лишь 5 % участников.

FM Logistic продолжила автоматизацию отдельных процессов на складе и в офисе. Так, были введены в эксплуатацию новые тележки



AGV и роботы-манипуляторы. Количество пользователей онлайн-портала для клиентов MySCM увеличилось на 9,5 %. Также одной из главных задач стала цифровизация документооборота транспортного подразделения.

После увеличения на 9,3 % в 2018—2019 финансовом году рост численности персонала в 2019—2020-м замедлился до 1,3 %. Это является свидетельством успеха программ обучения и развития, особенно для складских рабочих: снижается текучка кадров и сотрудники работают эффективнее, развиваясь внутри компании. В FM Logistic трудится около 27 500 человек, занятых полный рабочий день.

Всесторонний рост в России

В прошедшем финансовом году оборот FM Logistic в России составил 21,4 млрд руб., что на 15,3 % больше показателя 2018—2019 гг. Доля складской логистики в портфеле услуг компании составила 56,2 %, транспортная логистика заняла 37,8 %, копакинг — 6 %. Распределение оборота FM Logistic в рамках клиентского портфеля выглядит следующим образом: 31,1 % приходится на сектор ритейла, 29,1 % — производителей промышленной продукции, 24,9 % — товаров FMCG, 14 % — парфюмерии и косметики, 0,9 % — продукции здравоохранения.

За апрель 2019 г. — март 2020 г. общий объем инвестиций FM Logistic на российском рынке составил более 1,4 млрд руб., что больше прошлогоднего показателя на 117 %. Основную часть этой суммы компания выделила на внедрение технологий, закупку оборудования и строительство, на развитие персонала направлено 31,9 млн руб. Общее число сотрудников компании — 8 083.

Объем складских площадей, на которых оперирует FM Logistic, увеличен до 905 824 тыс. кв. м за счет расширения платформ и открытия новых складов, прежде всего в Ростове-на-Дону и в Ногинске. Всего под управлением компании находятся 32 платформы.

Общее количество выполненных онлайн-заказов в 2019—2020 финансовом году выросло в сравнении с предыдущим на 35 %. Сервисом FM Logistic в сфере e-commerce пользуются крупные игроки косметической и fashion-индустрии, пищевого производства и др. Большая часть клиентов обслуживается на складе оператора в Чехове, где оптимальное хранение и ускорение сборки онлайн-заказов обеспечивают пятиуровневый

мезонин с сортировочной линией и автоматизированные тележки Valea. В ближайшее время спектр услуг будет расширен: FM Logistic начнет принимать оплату от конечного покупателя.

Выручка транспортного подразделения увеличилась на 21,8 %, в то время как средний показатель роста российских транспортных и экспедиторских компаний составляет всего 6 %. FM Logistic расширила сеть 16 платформами кросс-докинга, открыла два новых подразделения в Казани и Уфе, запустила работу офиса в Китае.

Компания продолжает внедрение инноваций. В сотрудничестве с российскими стартапами FM Logistic начала использование инвентарных дронов и эргоскелетов. Кроме того, оператор продолжает закупать современные грузовики, использующие газомоторное топливо, для проекта внутригородской доставки Citylogin. Использование роботизированной технологии RPA позволило настроить автоматическое решение порядка 20 стандартных задач финансового и транспортного подразделений. Освободившиеся благодаря этому сотрудники перешли к выполнению других обязанностей.

В 2019—2020 финансовом году около половины сотрудников FM Logistic прошли обучение, что является залогом успешного развития компании в долгосрочной перспективе. Согласно рейтингу Changellenge Best Company Award, FM Logistic входит в число 100 лучших работодателей России для молодых выпускников. Помимо этого, третий год подряд компания отмечена премией Randstad в номинации "Самый привлекательный работодатель в логистической сфере". А также FM Logistic в России вошла в рейтинг 20 компаний с самыми высококоразвитыми HR-процессами за 2019 г. по мнению HeadHunter.

"Главные сильные стороны FM Logistic в России — ее сотрудники, сотрудничество с клиентами, размер, разнообразие предоставляемых услуг, детальное знание рынка и динамичность. Несмотря на снижение активности в течение последних трех месяцев, мы по-прежнему ожидаем рост в этом году по сравнению с прошлым. Этот период времени — фантастическая возможность для нас думать иначе, повышать нашу международную эффективность и преобразоваться", — рассказал генеральный директор в Центральной и Восточной Европе Кристоф Менивар.

Пресс-служба FM Logistic

"ГРУППА ГАЗ" ПОСТАВИТ В МОСКВУ 328 АВТОБУСОВ

Ликийский автобусный завод изготовит для ГУП "Мосгортранс" 328 сочлененных автобусов. Автобусы будут оснащены мультиплексной системой с диагностикой более 300 параметров работы техники и адаптированы для безопасного передвижения всех категорий пассажиров. Использование на маршрутах автобусов особо большого класса позволяет обеспечить возможность сохранения безопасной дистанции для пассажиров в салоне. Транспорт имеет длину 18,75 м, 42 посадочных места и при эксплуатации в обычном режиме рассчитан на перевозку 162 пассажиров. В условиях эпидемии использование больших автобусов с просторным салоном позволяет пассажирам соблюдать безопасную дистанцию во время поездки.

ГУП "Мосгортранс" является одним из крупнейших клиентов "Группы ГАЗ". Транспорт, поставляемый в столицу, изготавливается с применением самых передовых технологий автобусостроения и полностью соответствует всем современным мировым тенденциям. Ориентируясь на высокие требования пассажироперевозчика, "Группа ГАЗ" ведет постоянную работу по расширению модельного ряда и повышению уровня комфорта и безопасности производимых машин.

Сочлененные автобусы ГАЗ, которые будут поставлены в этом году в Москву, оснащаются ди-

зельными двигателями семейства ЯМЗ-536 мощностью 312 л. с. экологического стандарта "Евро-5", автоматическими коробками передач, системами ABS и ASR, гидроусилителями руля. Современная мультиплексная система в автоматическом режиме контролирует работу более 300 параметров и обеспечивает полную диагностику всех систем и агрегатов автобуса с возможностью передачи данных в парк. Салон укомплектован системами видеонаблюдения, системой пожаротушения, антивандальными сиденьями и мультимедийными системами информирования пассажиров, а также системой "Говорящий город" для слабовидящих пассажиров. Для маломобильных пассажиров установлены механические аппарели и кнопки связи с водителем, оборудовано специальное место для провоза собаки-поводыря. Дополнительная безопасность обеспечивается системой контроля нахождения пассажиров в дверных проемах.

Из изготавливаемых для "Мосгортранса" машин 16 автобусов будут выполнены с дополнительной кабиной для водителя-инструктора. Кабина размещена позади водительского места, полностью изолирована от салона, оснащена приборной панелью и педалью тормоза.

Пресс-служба "Группы ГАЗ"

"МИРОВАЯ ПРЕМЬЕРА" ОТ CASE В РОССИИ

Россия стала первой страной, куда отправились 40 мини-погрузчиков с бортовым поворотом новой серии "В" от CASE Construction (бренд CNH Industrial), разработанные для более комфортной и эффективной работы. Эти машины в колесном и гусеничном исполнении были произведены в начале января для одного из ключевых клиентов дилера CASE в Центральном и Приволжском федеральных округах компании "МЕГА Машинери".

А уже в марте машины были введены в эксплуатацию на рабочих площадках клиента, который занимается строительством и обслуживанием дорог. Внушительная поставка компактной спецтехники была осуществлена в кратчайшие сроки, что стало возможным благодаря слаженной работе дилера и компании CNH Industrial.

"Я горжусь тем, что одна из первых в мире крупных сделок по приобретению новых мини-погрузчиков CASE состоялась именно в России", — комментирует Фабицио Чеполлина, генеральный директор ООО "СиЭнЭйч Индастриал Руссия". — "Это очень эффективные и надежные машины, и я рад, что они уже помогают в строительстве и обслуживании дорог Москвы и Подмосковья".

В новых мини-погрузчиках реализован ряд решений, направленных на повышение эффективности работы и создание более комфортной обстановки для оператора. Благодаря изменениям в настройках управления насосом приводного двигателя возросла стабильность машин при движении по прямой, а значит оператору больше не нужно корректировать траекторию движения.

Таким образом он меньше отвлекается на управление и больше сосредотачивается на непосредственной работе. Кроме того, была значительно оптимизирована электрическая проводка машины, поэтому риск возникновения поломок, вызванных неисправностями электропроводки, сводится к минимуму. Это означает, что техника будет работать, а не простаивать. Изменения

также коснулись кабины: в ней стало больше свободного места, а внутреннее пространство сейчас организовано более эргономично и грамотно. Нововведения повышают комфорт оператора погрузчика, что положительно влияет на эффективность выполняемой работы.

Пресс-служба CNH Industrial

"КАМАЗ" ПРИСТУПИЛ К ИСПЫТАНИЯМ НОВОГО АВТОБУСА

В Научно-техническом центре "КАМАЗа" проходят испытания автобуса НЕФАЗ-4299-30-52. Прототип городского полунизкопольного дизельного автобуса НЕФАЗ-4299-30-52 впервые был представлен общественности в рамках международной выставки "Комтранс-2019" в Москве. Сейчас он проходит предварительные испытания на территории Научно-технического центра "КАМАЗа" в Набережных Челнах. "Как правило, в рамках испытаний перед полигоном опытный образец "накатывает" примерно 50 тыс. км. На данный момент пробег тестируемого автобуса составляет три тысячи километров. В августе мы планируем передать НЕФАЗ-4299-30-52 на сертификацию, после чего начнется серийное производство этой модели", — рассказал директор департамента пассажирского транспорта ПАО "КАМАЗ" Алексей Сергеев.

Новый автобус собран на "НЕФАЗе" — дочернем предприятии "КАМАЗа" в Башкирии. Он отличается современным дизайном экстерьера и интерьера. Это экономичное решение для маршрутов с невысоким пассажиропотоком — автобус вмещает 72 человека. НЕФАЗ-4299-30-52 полностью соответствует государственной программе "Доступная среда", которая направлена на потребности людей с ограниченными возможностями. Модель оснащена неприхотливым в обслуживании двигателем Cummins мощностью 185 л.с. экологического класса "Евро-5" и шестиступенчатой автоматической коробкой передач. Снаряженная масса девятиметрового автобуса — 8,1 т.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

SCANIA РАСШИРЯЕТ СЕТЬ МТО В РОССИИ

С начала 2020 г. официальные дилеры Scania в России открыли еще шесть мастерских технического обслуживания (МТО) — в Великом Новгороде, Брянске, Йошкар-Оле, Ижевске, Саратове и Владимире. Общий объем инвестиций в организацию новых МТО превысил 60,8 млн руб.

Как отметил управляющий автосервисом "Скания Сервис Владимир" Алексей Демин: "Новая МТО позволила нам стать ближе к клиентам во Владимирской области, а их около 30 % среди компаний-владельцев техники Scania, которых обслуживает "Скания Сервис". Расширение географии присутствия способствует повышению качества предоставляемых услуг. Сегодня мы готовы предложить всем транспортным компаниям региона комплексные решения Scania, сервисное обслуживание и ремонт техники на высоком уровне".

Мастерские техобслуживания Scania создаются как филиалы уже действующих СТО, при этом требования к качеству диагностики, техобслуживания и ремонта, а также к наличию оборудования и оригинальных запчастей в МТО такие же высокие. При выборе места открытия учитывается близость к ключевым клиентам, основным федеральным трассам для грузоперевозок, а также удобство для заезда автомобилей на ТО и ремонт.

Все новые мастерские, как и уже действующие СТО и МТО дилерской сети Scania, с июня этого года начнут обслуживать клиентов по новой летней спецпрограмме, включающей широкий комплекс предложений в поддержку клиентов — от льготных цен на ТО и сопутствующие ремонтные работы до решения "точечных" задач по ремонту на выгодных условиях.

Пресс-служба "Скания-Русь"

"КАМАЗ" ПРОВЕРЯЕТ СВОИ ДВИГАТЕЛИ НА ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

В Научно-техническом центре ПАО "КАМАЗ" проводятся испытания двигателей уровня "Евро-5" и исследовательские работы по улучшению потребительских качеств и достижению "Евро-6".

Четыре новых стенда испытаний двигателей одного из ведущих мировых производителей стендового оборудования австрийской фирмы AVL, оснащенных системами газоаналитического анализа, позволяют проводить анализ отработавших газов двигателей (ОГ) и исследовательские работы по оценке выбросов вредных веществ (ВВВ) с целью достижения соответствия стандартам "Евро-5" и "Евро-6". Подготовка двигателей к испытаниям включает в себя установку на паллету, заправку моторным маслом, подключение части необходимого для стендовых испытаний исследовательского и измерительного оборудования. Далее осуществляется монтаж двигателя на моторный стенд. Непосредственно на стенде происходит окончательная установка испытательного оборудования, подключение двигателя к стендовым системам, проводятся заключительные проверки и подготовка к испытаниям.

Современное оборудование позволяет одновременно с измерением ВВВ с ОГ проводить индицирование двигателя, позволяя одновременную оценку характеристик двигателя и качество внутрицилиндровых процессов в двигателе. При проведении испытаний с целью оценки достижения норм "Евро-5" применяется система обработки отработавших газов (СООГ) на основе технологии SCR с подачей нейтрализующей жидкости AdBlue для снижения содержания выбросов оксидов азота в ОГ. Универсальность и гибкость стендового оборудования позволяет проводить испытания и исследования не только двигателей КАМАЗ Р6 и V8, но и двигателей других изготовителей, таких как Cummins, Daimler, Weichai.

В зависимости от решаемой задачи двигатель может испытываться как в течение одной смены, так и в течение целой недели. Инженеры проводят работы по настройке и калибровке двигателя на стендах с применением современных инструментов моделирования и подготовки калибровочных данных. Система испытаний автоматизирована; по заданию инженера, курирующего испытания двигателя, испытатель двигателей проводит снятие необходимых характеристик и циклов испытаний, все данные хранятся в головном компьютере. Специалисты, имеющие доступ к данному компьютеру, могут в любой момент времени провести анализ проведенных результатов испытаний, в том числе дистанционно, и при необходимости скорректировать программу дальнейших испытаний.

"Проводя испытания, мы должны получить определенные характеристики двигателя. Если не получается достичь целевых параметров, необходимо провести анализ проведенных калибровочных работ, а также исследование опытных компонентов и деталей, чтобы довести их характеристики до требуемых показателей и получить двигатель с характеристиками, заложенными в конструкторскую документацию, — поделился главный специалист НТЦ Ильгизар Сафин. — Когда двигатель "дает" необходимые результаты, программа испытаний считается выполненной. Двигатель снимается со стенда, результаты оформляются и передаются конструкторам и смежным подразделениям. Если испытания были связаны с внесением изменений в серийную продукцию, то результаты оформляются и готовятся решения для внедрения в серийно изготавливаемые двигатели".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"