

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** *Салахов Р. Р., Ермаков А. М., Хисматуллин Р. М., Бурлаков В. В., Смоляков Ю. А.* Разработка модернизированного рабочего колеса жидкостного насоса системы охлаждения грузового автомобиля

Исследования. Расчет

- 9** *Устименко В. С., Ажирков А. М., Еремينا Н. А., Титов Н. А.* Бортовой контроллер для оценки уровня нагружения транспортного средства при его испытаниях
- 13** *Козловский В. Н., Николаев П. А., Подгорный А. С., Шакурский М. В.* Разработка тестового инструментария оценки устойчивости к электромагнитным помехам электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой

Экология

- 16** *Ерохов В. И.* Экологические показатели современных наземных транспортных средств
- 28** *Грушников В. А.* Мероприятия по совершенствованию экологической безопасности автомобильного транспорта. Часть 1

Безопасность

- 33** *Тушко И. С.* Ограничения при выполнении работ по обеспечению транспортной безопасности
- 38** *Бааке У.* Система Predictive Powertrain Control от Mercedes-Benz

Транспортный комплекс

- 41** *Глазунов Д. В.* Классификация подъемно-транспортных машин

Информация

- 47** 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. Karelina,

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.

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



CONTENTS:

Design

- 3** *Salakhov R. R., Ermakov A. M., Khismatullin R. M., Burlakov V. V., Smolyakov Yu. A.* Development of a modernized impeller of a liquid pump for a truck cooling system

Research. Calculation

- 9** *Ustimenko V. S., Azhirkov A. M., Eremina N. A., Titov N. A.* On-board controller for level assessment of the vehicle loading in the tests
- 13** *Kozlovskiy V. N., Nikolaev P. A., Podgorniy A. S., Shakurskiy M. V.* Assessment of resistance to electromagnetic interference of electric vehicles and hybrids

Ecology

- 16** *Yerokhov V. I.* Environmental indicators of modern land vehicles
- 28** *Grushnikov V. A.* Measures to improve environmental safety of vehicle transport. Part 1

Safety

- 33** *Tushko I. S.* Restrictions for performance of work to ensure transport safety
- 38** *Baake U.* Mercedes-Benz predictive powertrain control system

Transport complex

- 41** *Glazunov D. V.* Classification of lifting and transport machines

Information

- 47** Exhibitions. Conferences. Presentations

Р. Р. Салахов, канд. техн. наук, доцент, e-mail: RRSalakhov@kai.ru, КНИТУ-КАИ, г. Казань,
А. М. Ермаков, канд. техн. наук, доцент, e-mail: amermakov@kai.ru, КНИТУ-КАИ, г. Казань,
Р. М. Хисматуллин, аспирант, e-mail: rmkhismatullin@kai.ru, КНИТУ-КАИ, г. Казань,
В. В. Бурлаков, начальник конструкторско-исследовательского Отдела механизмов и систем двигателей, e-mail: Vyacheslav.Burlakov@kamaz.ru, НТЦ ПАО "КАМАЗ", г. Набережные Челны,
Ю. А. Смоляков, руководитель группы систем двигателя, e-mail: Jura.Smolyakov@kamaz.ru, НТЦ ПАО "КАМАЗ", г. Набережные Челны

РАЗРАБОТКА МОДЕРНИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЖИДКОСТНОГО НАСОСА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

В статье представлена разработка технологичного и недорогого колеса лопастного насоса для системы охлаждения двигателя грузового автомобиля. Для выполнения данной задачи проведено численное моделирование штатного лопастного колеса, также получены его характеристики с экспериментального стенда. Проведена верификация вычислительной модели штатного лопастного колеса. Затем в существующих габаритах разработана конструкция открытого лопастного колеса и проведено его численное моделирование. Разработанное лопастное колесо работает довольно эффективно и на самых высоких значениях КПД. При работе в составе двигателя КПД насоса максимален и равен 0,552—0,579. Максимальный КПД насоса равен 0,579 и достигается на самых высоких оборотах при частоте вращения колеса 4548 об/мин и расхода 655 л/мин.

Ключевые слова: центробежный насос; CFD-анализ, рабочие характеристики, оптимизированная конструкция, экспериментальные тесты, численное моделирование.

The article presents the development of a technologically advanced and inexpensive wheel vane pump for a truck engine cooling system. To accomplish this task, a numerical simulation of a regular impeller was carried out, and its characteristics were also obtained from the experimental stand. The verification of the computational model of a regular impeller is carried out. Then, in the existing dimensions, the design of the open impeller wheel was developed and its numerical simulation was carried out. The developed impeller works quite efficiently and at the highest values of efficiency. The efficiency of the pump during operation as part of the engine is maximum and equal to 0.552—0.579. The maximum pump efficiency is 0.579 and is achieved at the highest speeds with a wheel speed of 4548 rpm and a flow rate of 655 l/min.

Keywords: centrifugal pump, CFD analysis, performance characteristics, optimized design, experimental tests, numerical simulation.

На данный момент на ПАО "КАМАЗ" активно развивается производство новых высокоэффективных двигателей, одним из которых является проект по созданию нового рядного двигателя, который находится в стадии "подготовка производства". Получена и проработана вся техническая документация серии прототипов двигателей, по которой, собственно, и начинается подготовка. Двигатели, изготовленные в соответствии с этими нормативами, проходят длительные испытания на подтверждение надежности. Ресурс новой рядной "шестерки" КАМАЗа составит 1,5 млн км,

а межсервисный интервал — 150 тыс. км (при эксплуатации на дорогах класса "А"). Максимальная мощность КАМАЗ Р6 тоже называлась: двигатель можно будет форсировать до 750 л. с. без внесения существенных изменений в конструкцию [1]. Создание такого двигателя предъявляет также повышенные требования к системе охлаждения. На данный момент планируется использовать крыльчатку помпы с покрывным диском. Несмотря на высокий КПД, крыльчатка помпы с покрывным диском сложнее в изготовлении, что отражается на стоимости конечного изделия, поэтому



Рис. 1. Лопастные колеса жидкостного насоса:

a — стандартное колесо рабочего колеса (закрытого типа);
б — модифицированное колесо рабочего колеса (открытого типа)

в данной работе поставлена цель получить более технологичное и простое в серийном производстве колесо помпы с сохранением высокого КПД и напорных характеристик при работе в составе двигателя. Целью проведения инженерного расчета является проектирование рабочего колеса без покрывного диска, на основе геометрии штатного рабочего колеса, т. е. с учетом неизменности его внешних габаритных параметров.

Для проектирования лопастного колеса для системы охлаждения газового двигателя использовалась методика, приведенная в работе [2], геометрия стандартной и модернизированной крыльчатки приведена на рис. 1.

Трехмерные численные исследования гидродинамических характеристик данной помпы проводились аналогично работам [3–5]. Численное моделирование состоит из трех этапов: создание гидродинамической области, генерация сетки, создание вычислительной модели.

1. Создание гидродинамической области (доменной области) в CAD программе

Доменная область в CAD программе NX создается на основе трехмерной модели жидкостного насоса (рис. 2). Гидродинамическая область состоит из трех доменов: входной стационарный домен, вращающийся домен ротора колеса и стационарный домен улитки. На рис. 2, *б* представлена доменная область жидкостного насоса.

2. Создание сеточной модели

Создание сеточной модели на основе доменной области проводится в сеточном генераторе AnsysMeshing. Сетка гибридная,

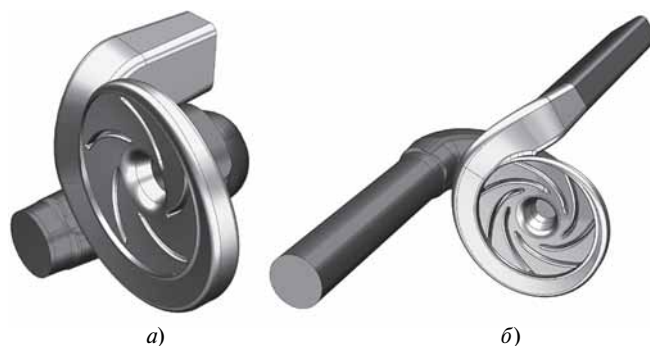


Рис. 2. Доменная область жидкостного насоса:

a — со стандартным лопастным колесом; *б* — с модернизированным лопастным колесом

неструктурированная состоит из тетраэдральных и призматических элементов. Призматический пограничный слой состоит из 7 слоев для корректного моделирования гидродинамики потока воды вблизи стенок. На рис. 3 представлена сеточная модель, сгенерированная в программе Meshing.

3. Создание вычислительной модели жидкостного насоса

Создание вычислительной модели жидкостного насоса проводится в препроцессоре AnsysCFX на основе сгенерированной сетки. Вычислительная модель состоит из трех доменов ротора и двух статоров, сопряженных через интерфейсы "ПОТОК—ПОТОК". Для данной модели назначены следующие граничные условия:

- рабочее тело — вода;
- давление окружающей среды 101 325 Па;
- температура воды 25 °С;
- рбъемный расход воды на выходе, соответствующий режиму работы насоса (таблица);
- на входе атмосферное давление;

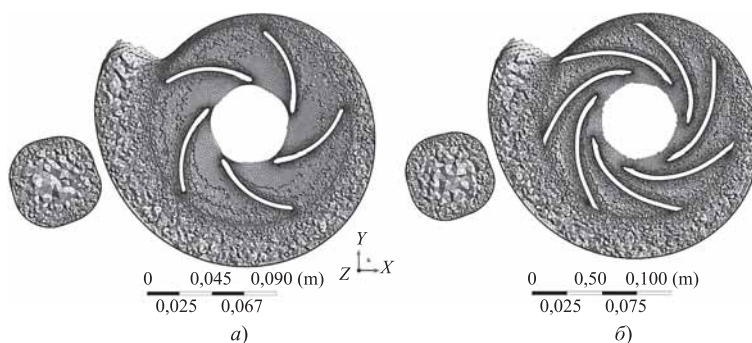


Рис. 3. Сечение сеточной модели помпы:

a — стандартной; *б* — модернизированной

КОНСТРУКЦИЯ

Режимы работы жидкостного насоса для исследования его гидродинамических характеристик

Частота вращения n , обороты/мин	Объемный расход Q , л/мин	Давление на входе $P_{вх}$, Па	Частота вращения n , обороты/мин	Объемный расход Q , л/мин	Давление на входе $P_{вх}$, Па
1370	80	0	3373	340	0
1370	180	0	3373	500	0
1370	280	0	3373	720	0
1827	130	0	3373	780	0
1827	260	0	3825	370	0
1827	375	0	3825	570	0
1827	450	0	3825	760	0
2732	185	0	4548	3	0
2732	405	0	4548	500	0
2732	565	0	4548	655	0
			4548	760	0

— угловая скорость вращения домена ротора устанавливается равной соответствующему расчетному режиму (таблица).

Режимы работы жидкостного насоса для исследования его гидродинамических характеристик представлены в таблице.

Следует отметить, что для расчета гидродинамики потока используются различные модели турбулентности: модель Буссинеска, модель Спаларта—Альмараса, модель Ментера SST, модель типа $k-\omega$, модель типа $k-\varepsilon$, модели рейнольдсовых напряжений. Они отличаются друг от друга сложностью решения уравнения движения и точностью описания течения. При решении нашей задачи при создании вычислительной модели выбрана полуэмпирическая модель турбулентности типа $k-\omega$, так как она обеспечивает правильное описание пристенной турбулентности и чувствительна к граничным условиям во внешнем потоке [6, 7].

Для верификации численной модели были проведены испытания коллектора водяных каналов на стенде НТЦ ПАО "КАМАЗ" со стандартной и новой крыльчаткой. На рис. 4 представлен корпус помпы для испытания стандартной и новой крыльчатки.

Результаты верификации вычислительных моделей представлены на рис. 5 — по расчету стандартной помпы и на рис. 6 — гидравлическая характеристика двигателя (ГХД) и показывают хорошую сходимость с экспериментальными данными, полученными на стенде.

Верификация численного расчета и эксперимента по графику показала, что при малых значениях напора расчетные и экспериментальные данные совпадают. Исходя из результатов, среднее значение относительной погрешности численного расчета составляет 8,2 %.

Верификация численного расчета и эксперимента насоса по ГХД по графику показала, что расчетные и экспериментальные значения напора практически совпадают, среднее значение относительной погрешности численного расчета составляет 4,45 %.

Численным моделированием определены интегральные гидродинамические параметры насоса при различных режимах его работы: структура потока представлена на рис. 7, а давление в среднем сечении на рис. 8.

Численное моделирование позволяет получить представление о распределении потока воды внутри насоса, а также увидеть картину распределения скорости и давления (полного и статического) при нестационарном и стационарном течении воды в проточной части насоса. Очевидно, что такие результаты практически невозможно получить с помощью натуральных испытаний.

Модернизированное лопастное колесо показывает более равномерное распределение давления вдоль течения жидкости, а также практическое отсутствие зон пониженного давления на задней стороне колеса, способных вызвать кавитацию.

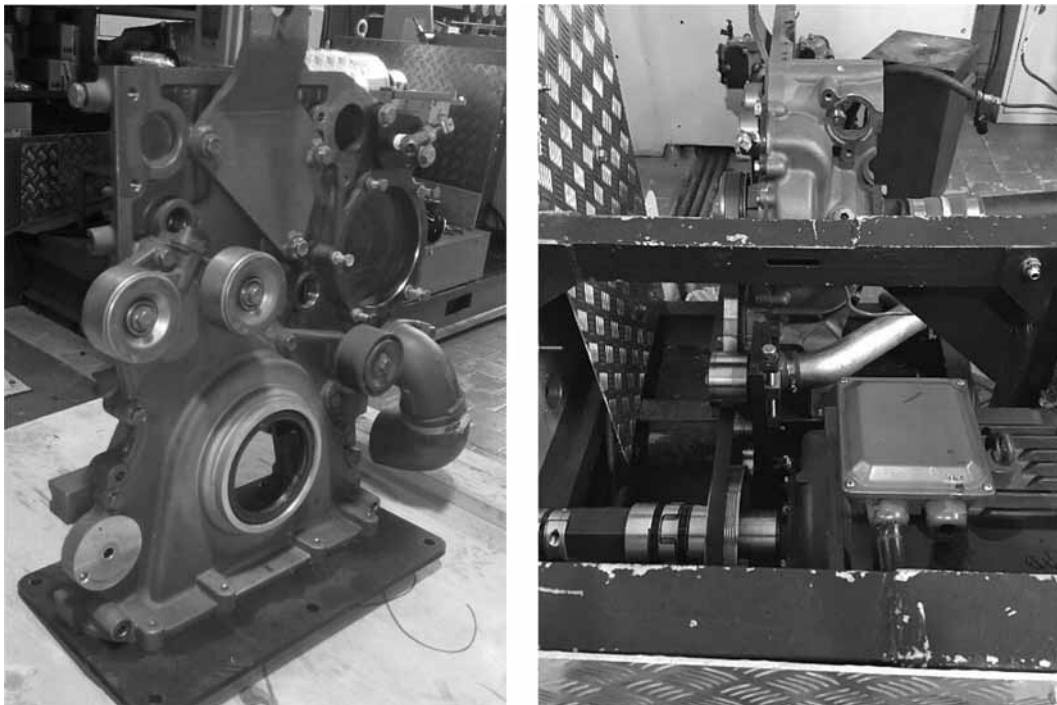


Рис. 4. Испытываемая часть корпуса двигателя 920.10-700 КАМАЗ Р6

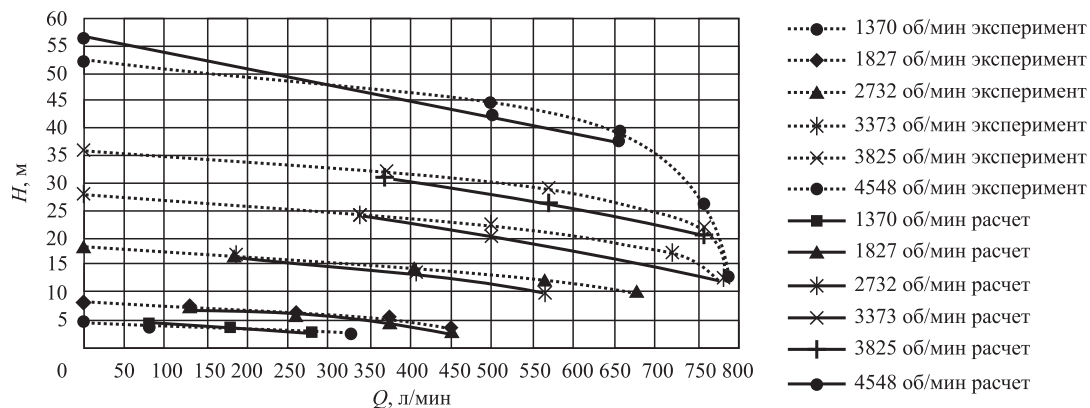


Рис. 5. Сравнение расчетной и экспериментальной напорной характеристики жидкостного насоса двигателя 920.10-700 КАМАЗ Р6

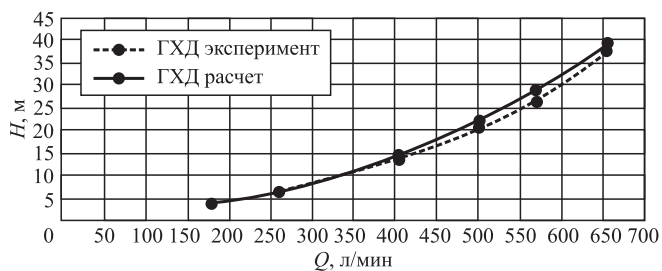


Рис. 6. Сравнение расчетной и экспериментальной гидравлической характеристики двигателя 920.10-700 КАМАЗ Р6

Исследуемый жидкостный насос при работе в составе двигателя (по ГХД) работает довольно эффективно и на самых высоких значениях КПД. При работе в составе двигателя КПД насоса максимален и равен 0,552—0,579. Максимальный КПД насоса равен 0,579 и достигается на самых высоких оборотах при частоте вращения колеса 4548 об/мин и расхода 655 л/мин.

Вычислительная модель насоса, созданная в программе AnsysCFX, полностью верифицирована. Возможность применения программного

КОНСТРУКЦІЯ

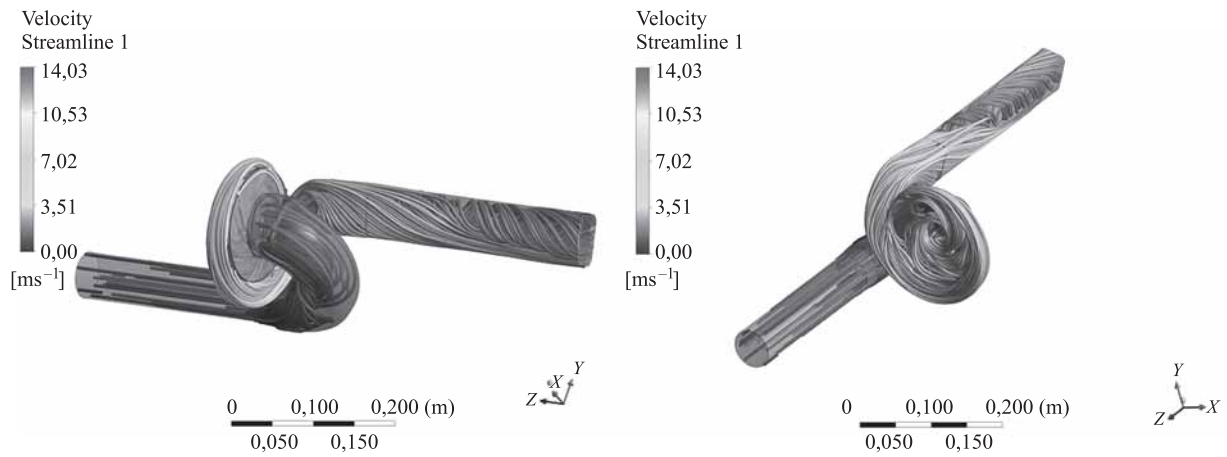


Рис. 7. Линии тока воды в жидкостном насосе при частоте вращения колеса 1827 об/мин и расхода 260 л/мин

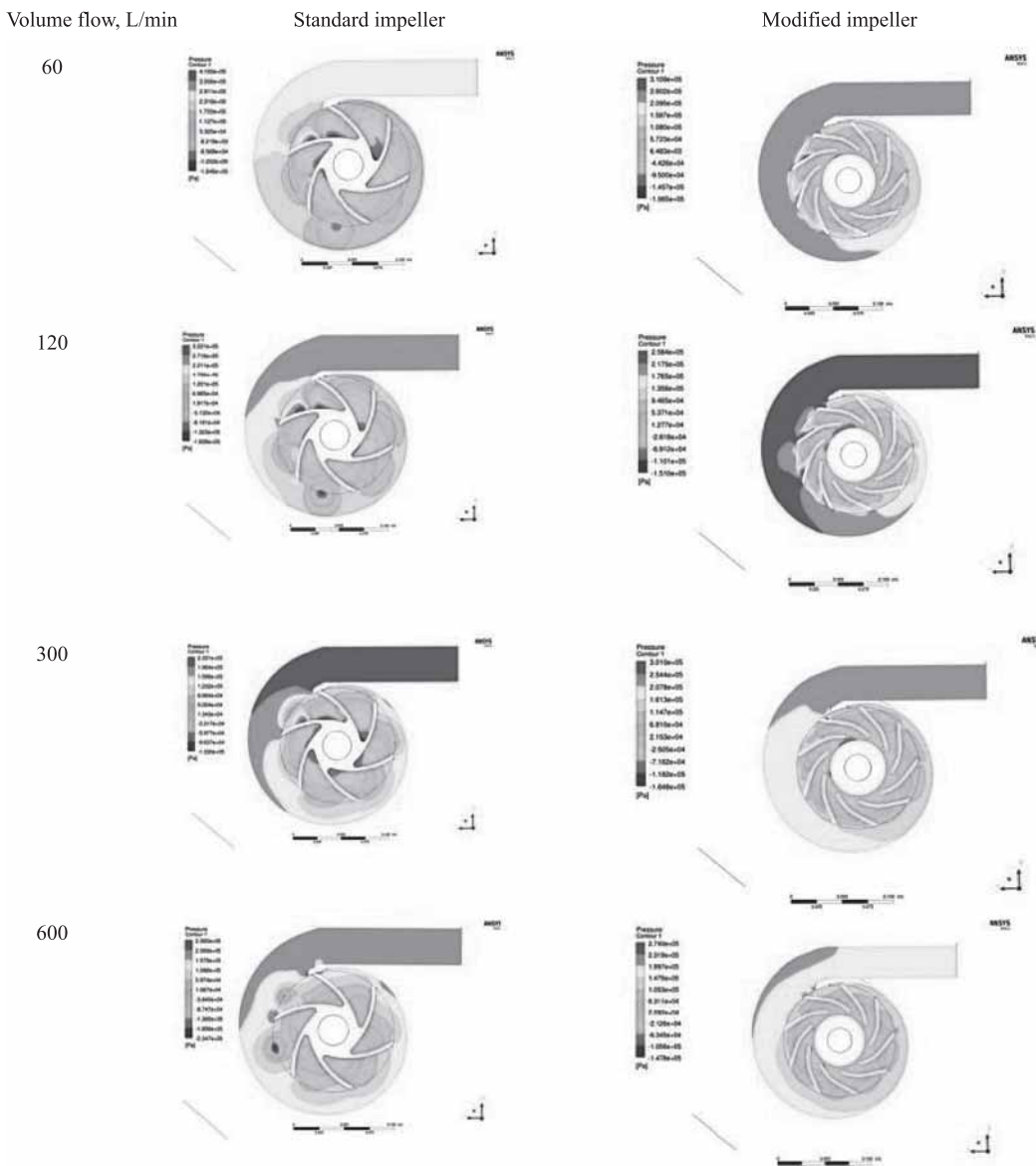


Рис. 8. Поля давлений стандартного и модернизированного колеса

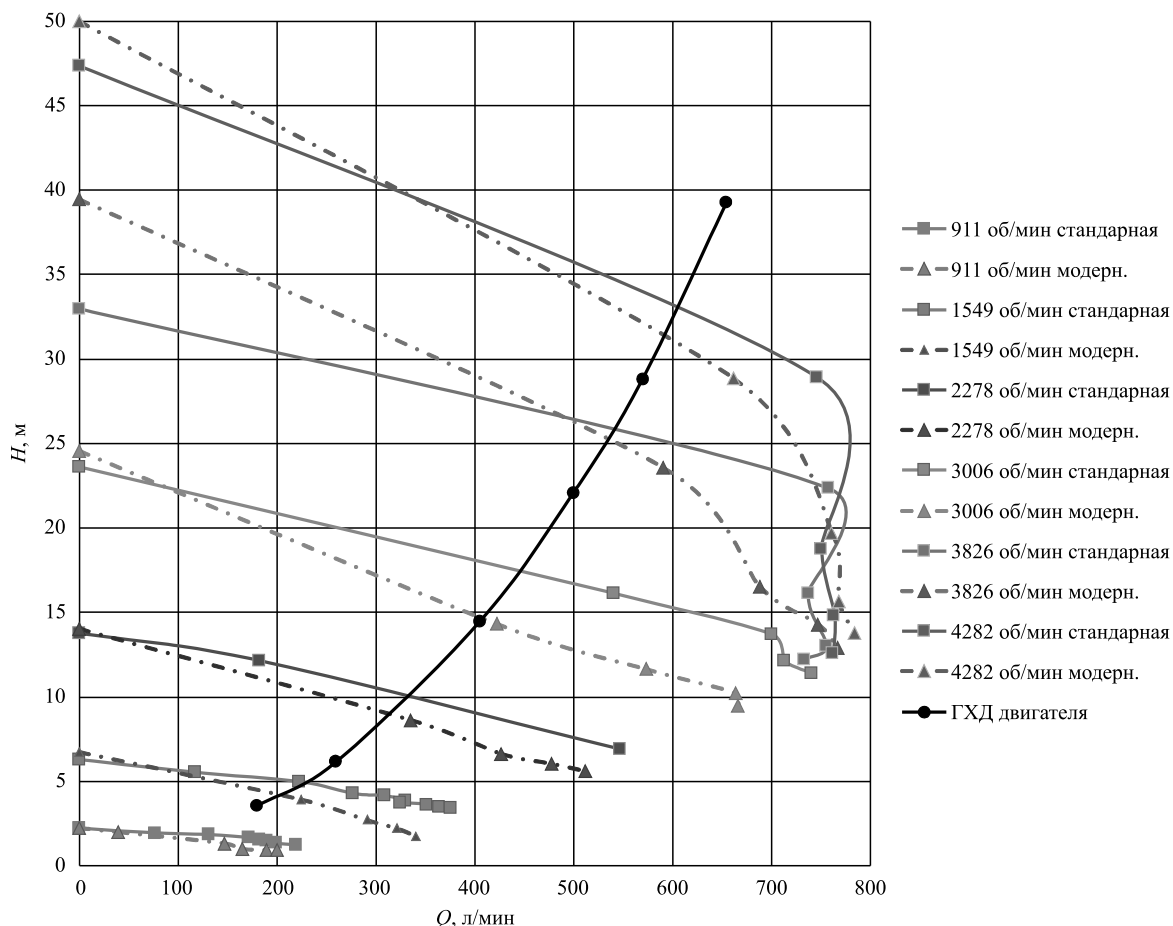


Рис. 9. Сравнение гидравлических характеристик стандартной и модифицированной крыльчатки

комплекса AnsysCFX при численных расчетах доказана. Численный эксперимент в программном комплексе AnsysCFX позволяет проводить оптимизацию колеса, проточной части насоса, подвода, улитки, с целью усовершенствования жидкостного насоса двигателей 920.10-700 КАМАЗ Р6. Благодаря этому возможно повысить мощность и устойчивую работу системы охлаждения дизельного двигателя 920.10-700 КАМАЗ Р6. А также снизить время и затраты материальных средств при создании и оптимизации элементов системы охлаждения ДВС и использовать в работе [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. https://kamaz.ru/en/press/news/kamaz_launches_new_r6_engine_assembly/
2. Проектирование и исследование характеристик степеней динамических насосов / В. Н. Ивановский, А. А. Сабиров, А. В. Деговцов, С. С. Пекин, Ю. А. Донской, С. В. Кривенков, Н. Н. Соколов, А. В. Кузьмин: учебное издание. Москва: РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2014. 124 с.
3. **Shyam Narayan Shukla, Ruchi Khare, Vishnu Prasad.** CFD approach for off-design efficiency improvement of double suction centrifugal pump: International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD). Vol. 7. Issue 5. Oct. 2017. 289–300.
4. **Jianhua Liu, Xiangyang Zhao, Miaoxin Xiao.** Study on the Design Method of Impeller on Low Specific Speed Centrifugal Pump: The Open Mechanical Engineering Journal. 2015. 9. 594–600.
5. **López R., Vaca M. et al.** Performance simulation of a radial flow type impeller of centrifugal pumps using CFD: IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 792 (2017).
6. **Yun Ren, Zuchao Zhu et al.** An improved turbulence model for separation flow in a centrifugal pump. Advances in Mechanical Engineering. 2016. Vol. 8(6). 1–10.
7. **Xin Jiang, Lei Zhang.** Research on the effect of rotation and curvature on turbulence model and their application: International Journal Of Heat And Technology. 2017. Vol. 35. No. 1. March. P. 167–176.
8. **Салахов Р. Р., Куликов А. С., Фардеев Л. И., Ермаков А. М., Идиатуллин Б. М.** Улучшение характеристик системы охлаждения двигателя грузового автомобиля с применением помпы с электрическим приводом. Журнал "Грузовик". 2020. № 4. С. 3–8.

В. С. Устименко, канд. техн. наук, А. М. Ажирков, Н. А. Еремина, Н. А. Титов,
НИИЦ АТ 3 ЦНИИ Минобороны России

БОРТОВОЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ НАГРУЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ЕГО ИСПЫТАНИЯХ

В статье представлен способ автоматизированной системы контроля уровня нагружения испытываемого транспортного средства и устройство для его реализации. Способ разработан на основе известных количественных показателей видов испытательных дорог и уровня нагружения испытываемого образца, значения которых рассчитывались вручную, создавая нежелательную погрешность оценок надежности по условиям испытаний.

Ключевые слова: виды испытательных дорог, количественные показатели категорий дорог, уровень нагружения транспортного средства, автоматизированная система, бортовой контроллер.

The article presents a method of automated control system of the loading level of the tested vehicle and a device for its implementation. The method is developed on the basis of the well-known quantitative indicators of the test road types and the loading level of the tested sample, the values of which were calculated manually, creating an undesirable error of reliability assessment under test conditions.

Keywords: test road types, the quantitative indicators of the road categories, the loading level of the vehicle, the automated system, on-board controller.

Как известно, оценка безотказности транспортных средств (ТС) выполняется по результатам пробеговых испытаний по пяти стандартным видам дорог в соответствии с ОСТ 37.001.520 [1] с распределением пробега, %:

- асфальтобетонная дорога — 20;
- булыжная дорога равного мощения — 30;
- грунтовая дорога удовлетворительного состояния — 30;
- разбитая грунтовая дорога в сухом или замерзшем состоянии — 10;
- размокшая грунтовая дорога в весеннюю (осеннюю) распутицу — 10 в заданном нормативами объеме пробега, км.

До недавних времен в процессе испытаний тот или иной вид дороги устанавливался визуально, по субъективным ощущениям, а нестабильность и изменчивость характеристик грунтовых дорог создавали дополнительную неопределенность их оценки и как следствие — результатов испытаний (по причине низкой их воспроизводимости).

Разработка количественных показателей категорий испытательных дорог с помощью самого испытываемого автомобиля без использования технических средств [1–4] позволила, во-первых, существенно повысить точность оценки дорог, во-вторых, создать универсальную методику ка-

тегирования дорог для применения на любом испытательном полигоне, в любое время года, при этом количественный показатель категории дороги представил не только характеристику дороги через коэффициент сопротивления движению, а суммарное воздействие на испытываемое ТС всех факторов внешней среды и траектории движения.

При разработке показателя, с целью упрощения его расчета, важно было избежать использование специальных технических средств, взяв за основу в качестве базовых только те характеристики испытываемых ТС, контроль которых предусмотрен при любых видах испытаний с расчетом их значений и занесением в протокол испытаний.

Среди них средний расход топлива и средняя скорость движения.

Впервые через реализацию параметров эксплуатационных свойств был получен количественный показатель испытательной дороги в виде относительного коэффициента суммарного сопротивления движению Ψ_j , математическое описание которого приведено в источнике [1, 2] зависимостью

$$\Psi_j = n \frac{Q_j}{V_j}, \quad (1)$$

где Q_j — средний расход топлива на j -й дороге в объеме выполненного пробега, л/100 км; V_j —

реализуемая средняя скорость движения на той же дороге, км/ч; n — коэффициент, характерный для каждого типа транспортного средства, в конечном итоге равный $1,5/q$ [3], где q — контрольный расход топлива, определяемый в условиях по ГОСТ Р 54810—2011 [5].

Изложенный способ количественной оценки категории дорог позволил оценить объем воздействия каждой дороги через уровень нагружения W_j , вычисляемый по зависимости [6, 7]

$$W_j = \Psi_j S_j, \quad (2)$$

где Ψ_j — относительный коэффициент суммарного сопротивления движению; S_j — пробег на j -й дороге, км.

Задав нормативные значения Ψ_{jn} и S_{jn} , можно через показатель W_j ступенчато регулировать "тяжесть" испытательного пробега и выйти к его завершению на нормативное значение W_{jn} .

Указанная технология испытаний ТС известна и широко используется в организациях автомобильной отрасли уже более 20 лет.

Несмотря на универсальность управляемой технологии испытаний для оценки безотказности, вместе с тем на практике по ее использованию появилась потребность в автоматизации контроля и оценки уровня нагружения испытываемого образца, направленная на совершенствование системы испытаний ТС в целом.

Разработка автоматизированного контроля уровня нагружения W_j испытываемого ТС для оценки его надежности позволяет по сравнению с указанным способом определения показателей Ψ_j и W_j , базирующимся на их расчете вручную с использованием исходных данных пониженной точности, особенно при расчете средней скорости движения, и требующий повышенных затрат при использовании бумажных носителей информации, не исключая человеческий фактор, обеспечить повышенную точность и универсальность определения показателя W_j при испытаниях независимо от места, времени, опыта и субъективной оценки исполнителей.

Кроме того, автоматизированный контроль показателя W_j позволяет обеспечить оперативность получения его значений, обеспечивая высокое качество оценки условий испытаний, а следовательно, полученных результатов по параметрам надежности АТ.

В настоящее время такой способ по автоматизированному контролю показателя W_j в процессе испытаний ТС и принципиальная блок-схема устройства для его осуществления в виде бортового контроллера разработаны. Способ запатентован — № 2671066, октябрь 2018 г. [8].

Сущность изобретения, помимо указанных достоинств, заключается в расширении функ-

циональных возможностей способа путем периодической регистрации контролируемых параметров и выводением их на монитор блока принятия решения для визуального контроля водителем текущей остаточной информации уровня нагружения ТС и пробега на каждой j -й испытательной дороге в условиях постоянно изменяющихся характеристик дорог, что позволяет распознавать в заданном отрезке времени каждый вид грунтовой дороги в отдельности на общем ее маршруте.

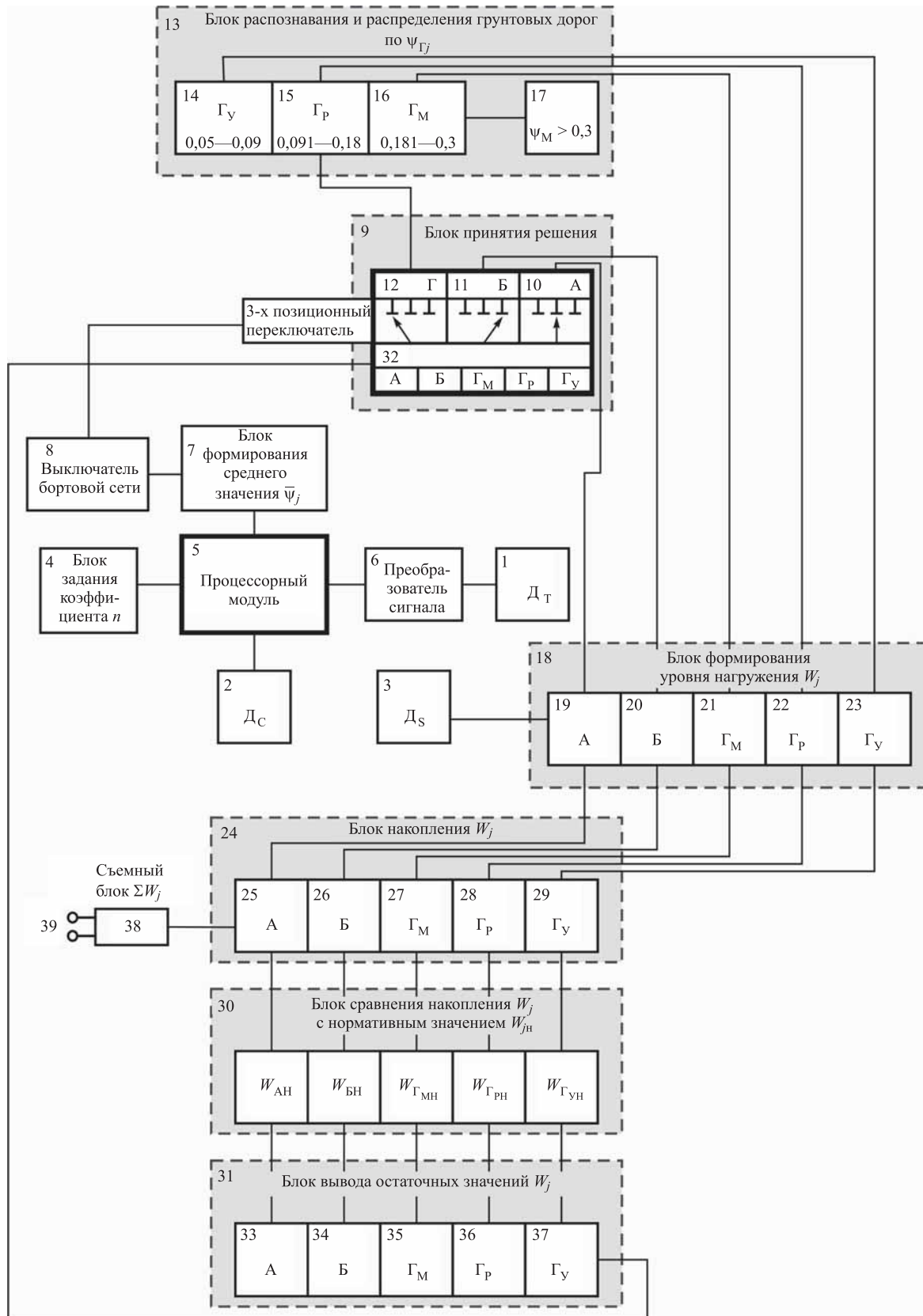
Устройство, реализующее способ автоматизированного контроля уровня нагружения, принципиальная блок-схема которого представлена на рисунке, состоит из:

- датчиков расхода топлива 1, скорости движения 2 и пройденного пути 3;
- блока задания коэффициента n_4 , характерного для каждого типа транспортного средства;
- процессорного модуля 5 формирования коэффициента суммарного сопротивления движению Ψ_j , к которому подключены датчики D_c и D_m через преобразователь 6;
- блока формирования среднего значения показателя $\bar{\Psi}_j$ 7 с интервалом $\Delta t = 10$ с;
- трехпозиционного переключателя блока принятия решения 9 с кнопочными переключателями каналов связи А10, Б11 и Г12;
- блока распознавания вида грунтовых дорог 13 с их выходами значений Ψ_j по грунтовой дороге удовлетворительного состояния Γ_u 14 в диапазоне 0,05—0,09, разбитой грунтовой дороге Γ_p -15 в диапазоне 0,091—0,18 и по размокшей грунтовой дороге Γ_m 16 в диапазоне 0,181—0,3 с сигнализатором датчика превышения допустимой величины 17 при $\Psi_{\Gamma_m} > 0,3$;
- блока формирования уровня нагружения W_j 18 по видам дорог с подблоками: А-19, Б-20, Гм-21, Гр-22, Гу-23 с использованием датчика D_s за время Δt ;
- блока накопления уровня нагружения W_j 24 по видам дорог: А-25, Б-26, Гм-27, Гр-28, Гу-29;
- блока сравнения 30 текущих значений показателя W_j с нормативным значением W_{jn} по видам дорог;
- блока вывода остаточных значений W_j 31 на секторы монитора 32 блока принятия решения 9 по видам дорог: А-33, Б-34, Гм-35, Гр-36, Гу-37;
- съемного блока суммарного уровня нагружения W_j 38 по всем видам j -х дорог с выводом значений на канал 39.

Устройство работает следующим образом.

При включении водителем бортовой сети включателем 8 и пуска двигателя датчики 1, 2 и 3 и процессорный модуль 5 переводятся в режим ожидания. Перед началом движения каждого

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ



Принципиальная блок-схема автоматизированного контроля уровня нагружения

образца одноразово через блок задания коэффициента n повышенной точности 4 в процессорный модуль 5 в соответствии с зависимостью (1) вводится числовое значение коэффициента n .

С началом движения по A -дороге без участия водителя в процессорном модуле 5 формируется текущее значение показателя Ψ_j , среднее значение которого за время Δt формируется в блоке 7 и передается по каналу связи $A10$ в блок принятия решения 9, при закрытых каналах связи 11 и 12, и далее в подблок $A19$ блока формирования уровня нагружения 18, где при поступлении информации с датчика D_5 3 по зависимости (2) формируется значение показателя W_A , которое передается в подблок $A25$ блока накопления уровня нагружения 24 и далее в блок сравнения 30 значения показателя W_{AH} и выводом через блок 31 на сектор 33 монитора 32 значений W_A .

При переходе на дорогу с булыжным покрытием (B -дорогу) оператором включается канал связи B блока принятия решения 9, при котором канал связи $A10$ закрывается, а процессорный модуль продолжает работу и передает информацию, аналогично каналу связи $A10$, в блок формирования уровня нагружения 18 в подблок $B20$ и далее в подблок $B26$ блока 24.

При переходе на грунтовую дорогу (G -дорогу) оператором включается канал связи G блока принятия решения 9, при котором канал связи B 11 закрывается при закрытом канале связи A , а процессорный модуль продолжает работать в установленном режиме и передает информацию по каналу связи $G12$ в блок распознавания и распределения грунтовых дорог 13, в котором в зависимости от среднего значения Ψ_{Gj} , сформированном за время $\Delta t = 10$ с, выполняется распределение в подблоки 14, 15 и 16 со значением показателя Ψ_j в диапазоне соответственно: $\Psi_{GU} = 0,05-0,09$, $\Psi_{GP} = 0,091-0,18$, $\Psi_M = 0,181-0,30$. Например, из процессорного модуля 5 значение Ψ_j , равное 0,065, соответствующее дороге GU , поступает в блок 13, в котором это значение распознается по диапазону Ψ_j и адресуется в блок 14 с последующей его передачей в подблок 23 блока формирования уровня нагружения 18 и далее в блок накопления уровня нагружения 24 по линии $GU29$, блок сравнения 30 значений W_j с нормативными значениями, блок вывода остаточных значений W_j 31 и монитор 32 по линии связи 37.

Нормативные значения W_j по видам дорог в соответствии с [6, 7] определены значениями: $W_{AH} = 276$, $W_{BH} = 621$, $W_{GUH} = 684$, $W_{GPH} = 456$ и $W_{MH} = 828$ н·км при суммарном их значении, равном 2865 н·км.

При движении транспортного средства на одной из указанных грунтовых дорог могут возникнуть небольшие участки других видов этих дорог. И если они встречаются на пути движения за время фор-

мирования среднего значения Ψ_j , равного 10 с и более, то их результаты в блоке 13 перераспределяются в соответствии с заданным диапазоном показателя Ψ_j по видам грунтовых дорог, что придает получаемым результатам по W_j повышенную точность.

После завершения пробега ТС по грунтовым дорогам за смену оператор переводит блок принятия решения из положения канала связи G в канал связи A . То же самое происходит автоматически после выключения блока питания и повторного его включения. Кроме того, блок 24 одновременно передает накапливаемую информацию по W_j каждой j -й дороги в съемный блок суммарного уровня нагружения ΣW_j 38 с выводом его значения на монитор 32, при этом съемный блок 38 имеет каналы 39 для компьютерного съема информации по W_j .

В процессе пробеговых испытаний ТС по размокшей грунтовой дороге M возможно появление участков со значением Ψ_M , превышающим предельное значение, равное 0,3. В этом случае срабатывает аварийный сигнализатор датчика 17, предписывающий необходимость оперативного перевода ТС на более легкий участок этой дороги.

Таким образом, в сравнении с расчетным методом определения уровня нагружения транспортного средства в процессе его испытаний по указанным зависимостям бортовой контроллер обеспечивает:

- автоматизированный контроль уровня нагружения ТС по показателю W_j по каждому виду испытательных дорог, а на грунтовой дороге — отдельно по каждой ее категории;
- оперативность получения значений показателя W_j как в процессе испытаний, так и в конце каждого сменного задания;
- оценку остаточного значения показателя W_j для принятия решения;
- повышенную точность оценки условий испытаний через значение W_j с одновременным исключением человеческого фактора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **ОСТ 37.001.520—96.** Категории испытательных дорог. Параметры и методы их определения. — Введ. 1997-07-01. — М.: "Дорожный транспорт", ТК 56, 1996.
2. **Патент RU № 2011955 C1 G 01 M 17/00** от 30.04.1994 г.
3. **Патент RU № 2561647 C1 G 01 M 17/00** от 27.08.2015 г.
4. **Стандарт** организации СТО 1.49.56—2016. КСУК НИИР. Методика оценки дорожных условий при испытаниях автотранспортных средств. — Введ. 2016-12-01. — НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ — Бронницы, 2016.
5. **ГОСТ Р 54810—2011.** Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. — Введ. 2012-09-01. — М.: Стандартинформ, 2012.
6. **Патент RU № 2090855 C1 G 01 M 17/00** от 20.09.1997 г.
7. **Устименко В. С.** Регулируемая технология пробегов при испытаниях АТС / В. С. Устименко // Автомобильная промышленность. — 1997. — № 12.
8. **Патент RU № 2671066 C1 G 01 M 17/00** от 29.10.2018 г.

УДК 629.113

DOI: 10.36652/2073-8323-2020-19-9-13-15

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, e-mail: kozlovskiy-76@mail.ru, СамГТУ, г. Самара,
П. А. Николаев, д-р техн. наук, ПАО "АВТОВАЗ", г. Тольятти,
А. С. Подгорний, СамГТУ, г. Самара, **М. В. Шакурский**, канд. техн. наук, СамГТУ, г. Самара

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОМЕХАМ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ С КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ

В статье представлены результаты разработки тестов оценки помехоустойчивости электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой.

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

The article presents the results of the development of tests for evaluating the noise immunity of electric vehicles and cars with combined power plants.

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

Обеспечение работоспособности автотранспортных средств является комплексной задачей, напрямую связанной с решением конструкторско-технологических и эксплуатационных проблем [1–4]. При этом в условиях роста значимости бортового электротехнического комплекса автомобилей в связи с развитием новых направлений автомобилестроения (электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой), а также ухудшающейся электромагнитной обстановкой, актуализируется проблема, связанная с необходимостью обеспечения требуемого уровня помехозащищенности новых автомобилей [5]. Именно на решение данной задачи направлена представленная работа, посвященная разработке и реализации контрольных ездовых циклов для оценки помехозащищенности новых типов автотранспортных средств.

Для испытаний автотранспортных средств с комбинированным силовым агрегатом разработан тест, включающий в себя ездовой цикл, имеющий восемь фаз (рис. 1) [6]:

- старт АТС на электротяге;
- разгон на электротяге;
- равномерное движение на электротяге;
- разгон в режиме "гибридная тяга";
- равномерное движение в режиме "гибридная тяга";
- разгон на двигателе внутреннего сгорания;
- равномерное движение на двигателе внутреннего сгорания;
- полное торможение с рекуперацией энергии.

Суть теста заключается в том, что в интервале времени t_1-t_{10} на автотранспортное средство (АТС) воздействует электромагнитное поле с заданным уровнем, частотой и модуляцией. В момент времени t_2 АТС начинает движение на электротяге. Здесь контролируется реализация подпрограммы электронной системы управления пуска двигателя. В промежутке времени t_2-t_3 проверяется работоспособность динамических тяговых характеристик на электротяге. На интервале t_3-t_4 контролируется помехоустойчивость АТС на установившемся режиме. В промежутке вре-

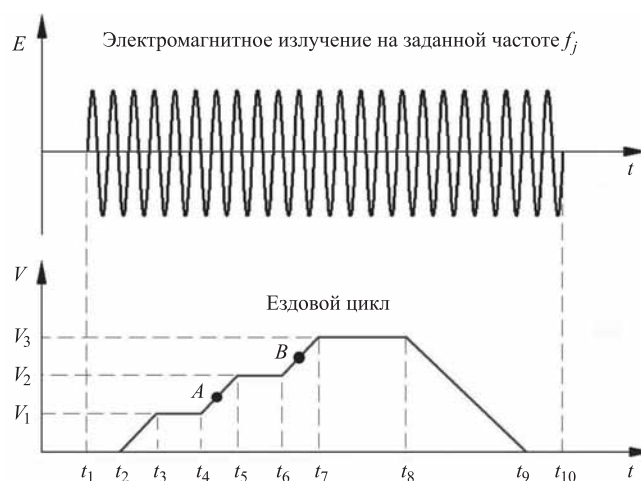


Рис. 1. Ездовой цикл при испытаниях на восприимчивость к внешнему электромагнитному излучению АТС, оснащенного комбинированным силовым агрегатом

мени t_4-t_5 проверяется работоспособность динамических тяговых характеристик двигателя на смешанном режиме. Точка "А" на графике характеризует момент перехода на него с электротяги. На интервале t_3-t_4 контролируется помехоустойчивость АТС на установившемся смешанном режиме. В промежутке времени t_6-t_7 проверяется работоспособность динамических тяговых характеристик только при работе двигателя внутреннего сгорания. Точка "В" на графике характеризует момент перехода на него со смешанного режима. На интервале t_7-t_8 контролируется помехоустойчивость АТС на установившемся режиме двигателя внутреннего сгорания. В промежутке времени t_8-t_9 осуществляется полное торможение. Здесь контролируется процесс рекуперации электрической энергии.

Реализация разработанного ездового цикла осуществляется на динамометрическом роликовом стенде с применением программируемого робота-автопилота. Для определения коэффициентов прямых применяется функция (1), график ездового цикла описывается стандартными уравнениями прямой [7].

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

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.

Из графика рис. 1 вытекает, что

$$\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_5 = \alpha_7 = \alpha_9 = 0.$$

Для каждого конкретного случая точные начальные условия для вычислений коэффициентов $\alpha_2, \alpha_4, \alpha_6$ и α_8 определяются из технической документации на АТС, так как каждый автопроизводитель для своей модели задает собственные скорости перехода из одного режима в другой. При отсутствии информации о режимах определение коэффициентов вытекает из следующего. Анализ режимов АТС с гибридным силовым агрегатом, а также экспериментальные данные прототипа гибридного автомобиля показывают, что при заряженной тяговой аккумуляторной батарее скорость, при которой будет реализован режим электротяги, составляет $V_1 = 15 \text{ км/ч}$.

При вычислении коэффициентов прямых необходимо учитывать, что любой из вложенных временных интервалов цикла должен быть не менее 2 с, так как это является достаточным временем для проявления реакции электротехнических систем на внешнее электромагнитное воздействие. Из перечисленных выше условий по формуле (1)

$$0 < \alpha_2 \leq 2,1.$$

Так как предложенный ездовой цикл разработан для проверки работоспособности силового агрегата, то адекватно задать одинаковые коэффициенты

$$\alpha_2 = \alpha_4 = \alpha_6 = -\alpha_8.$$

Поэтому

$$0 < \alpha_2 = \alpha_4 = \alpha_6 \leq 2,1;$$

$$-2,1 \leq \alpha_8 < 0.$$

Интервал $t_{10}-t_9$ 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 цикла параметры воздействующего электромагнитного поля перестраиваются в соответствии с заданной программой испытаний и цикл реализуется повторно.

Для испытаний электромобилей разработан тест, включающий в себя ездовой цикл, включающий в себя четыре фазы (рис. 2): старт, раз-

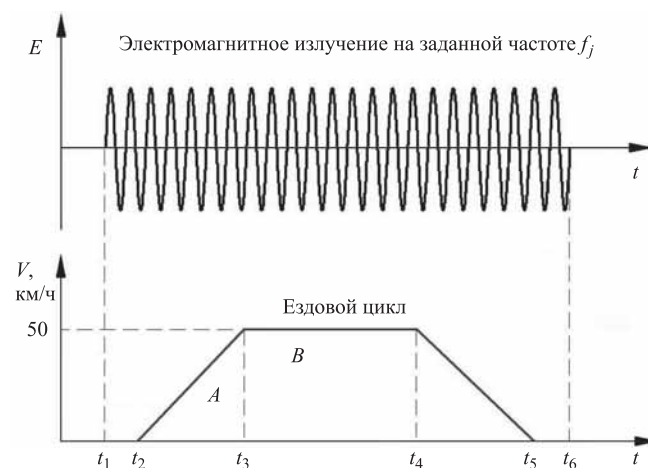


Рис. 2. Ездовой цикл при испытаниях на восприимчивость к внешнему электромагнитному излучению электромобиля

гон, равномерное движение и полное торможение с рекуперацией энергии. Он является упрощенной аналогией предыдущего.

В интервале времени t_1-t_6 на электромобиль воздействует электромагнитное поле с заданным уровнем, частотой и модуляцией. В момент времени t_2 АТС начинает движение. Здесь контролируется реализация подпрограммы электронной системы управления пуска двигателя. В промежутке времени t_2-t_3 проверяется работоспособность динамических тяговых характеристик электродвигателя. На интервале t_3-t_4 контролируется помехоустойчивость АТС на установившемся режиме. В промежутке времени t_4-t_5 осуществляется полное торможение и проверяется процесс рекуперации электрической энергии.

Реализация ездового цикла осуществляется с применением программируемого робота-автопилота. Поэтому для его выполнения необходимо математическое представление функций. График ездового цикла описывается формулой (1).

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

К начальным условиям относится следующее:

— во временных интервалах t_1-t_2 , t_3-t_4 и t_5-t_6 скорость равна 0 км/ч;

— на участке t_3-t_4 $V = 50$ км/ч, так как это значение регламентируется [8].

Из графика рис. 2 следует, что

$$\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_5 = 0.$$

Для упрощения задачи можно положить

$$\alpha_2 = -\alpha_4.$$

При их определении существует только одно критическое условие — отрезки времени t_2-t_3 и t_4-t_5 должны быть не менее 2 с, так как это является достаточным временем для проявления реакции электротехнических систем на внешнее электромагнитное воздействие. Основываясь на экспериментальных данных отечественных и зарубежных автомобилей коэффициенты адекватно выбирать из диапазона:

$$0 < \alpha_2 \leq 3,5;$$

$$-3,5 \leq \alpha_4 < 0.$$

Интервал t_6-t_5 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 цикла параметры воздействующего электромагнитного поля перестраиваются в соответствии с заданной программой испытаний и цикл реализуется повторно.

Таким образом, в результате работы разработаны и реализованы на практике два ездовых цикла для проведения контрольных испытаний на электромагнитную совместимость электротехнических систем автомобилей с комбинированной энергоустановкой и электромобиля.

Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ НШ-2515.2020.8

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Козловский В. Н.** 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.
2. **Козловский В. Н.** Проблема стратегического планирования улучшения качества и надежности системы электрооборудования автомобилей / В. Н. Козловский, А. В. Зятров // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2012. — № 1. — С. 44–47.
3. **Дебелов В. В.** 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. Ютт // Грузовик. — 2013. — № 12. — С. 19–23.
4. **Панюков Д. И.** Фундаментальные основы FMEA для автомобилестроения / Д. И. Панюков, В. Н. Козловский. — Самара, 2014.
5. **Козловский В. Н.** Математическое моделирование надежности системы электрооборудования современного легкового автомобиля / В. Н. Козловский, В. Е. Ютт // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2009. — № 1. — С. 31–34.
6. **Подгорный А. С.** Испытания на восприимчивость к электромагнитному излучению гибридных автомобилей / А. С. Подгорный, П. А. Николаев // Материалы докладов XX аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного дню энергетика. — Казань: КГЭУ, 2016. — Т. 1. — С. 186–187.
7. **Шипачев В. С.** Высшая математика / В. С. Шипачев / Учеб. для вузов. — М.: Высш. шк., 2000. — 479 с.
8. **Правила № 10.** Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости / Добавление 9. Пересмотр 4. ЕЭК ООН, 2012.

В. И. Ерохов, д-р техн. наук, профессор, e-mail: pdo@mospolytech.ru,
Московский политехнический университет ("Московский Политех"), г. Москва

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОВРЕМЕННЫХ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Разработаны модели и механизмы образования сажи и оксидов азота при сжигании углеводородных топлив энергетических установок транспортных средств. Сформулированы модели численного моделирования и расчета твердых частиц, оксидов азота и мочевины дизелей. Кратко изложен потенциал образования парникового эффекта. Выявлена закономерность взаимосвязи оксидов азота и сажи. Приведена принципиальная схема окислительного нейтрализатора и сажевого фильтра современного дизеля. Приведена схема системы подачи мочевины, модуля распыливания мочевины в выпускной системе двигателя. Приведена схема системы управления каталитической нейтрализацией оксидов азота. Приведена сравнительная оценка восстановителей оксида азота. Дана оценка технической и экологической эффективности применения системы снижения токсичности и дымности современных двигателей.

Ключевые слова: парниковый эффект, дымность, твердые частицы, мочевина, сажа, дизель, ацетилен, сажевый фильтр, каталитический нейтрализатор, оксиды азота, модели расчета сажи и оксидов азота, модуль подачи мочевины, система управления.

Models and mechanisms for the formation of soot and nitrogen oxides during the combustion of hydrocarbon fuels of power plants of vehicles have been developed. Models of numerical modeling and calculation of solid particles, nitrogen oxides and urea of diesel engines are formulated. The potential for the formation of a greenhouse effect is briefly described. The regularity of the relationship between nitrogen oxides and soot was revealed. A schematic diagram of the oxidizing neutralizer and particulate filter of modern diesel is given. The diagram of the urea supply system and the urea atomization module in the engine exhaust system is given. The scheme of the control system for catalytic neutralization of nitrogen oxides is given. A comparative assessment of nitric oxide reductants is given. An assessment of the technical and environmental effectiveness of the system for reducing the toxicity and smoke content of modern engines is given.

Keywords: greenhouse effect, smokiness, solid particles, urea, soot, diesel, acetylene, soot filter, catalytic Converter, nitrogen oxides, models for calculating soot and nitrogen oxides, urea supply module, control system.

Снижение токсичности и дымности современных транспортных средств (ТС) представляет собой сложную научно-техническую проблему. Обеспечение эффективными и стабильными энергоносителями НТС представляет собой одну из важнейших задач национальной экономики. Сгорание углеводородного топлива сопровождается выбросом парниковых газов [1, 2]. Углеродное число (соотношение С:Н), характеризующее склонность топлива к образованию диоксида углерода (СО₂) и С (сажи) дизельного топлива (ДТ) составляет 6,7, а сжиженный углеводородный газ (СУГ) и природный газ (ПГ) — соответственно 4,9 и 2,99. Оптимальный газовый состав атмосферного воздуха содержит 0,03 % (объем) СО₂, а фактический состав — 0,042 %. В городских условиях максимальные концентрации СО₂ достигают 0,9 %, что существенно превышает оптимальные значения.

В странах Европейского Союза (ЕС) величина выбросов СО₂ ТС в ближайшем будущем (2021 г.) составит 95 г/км. Объем поступления СО₂ в атмосферу на планетарном уровне составляет 272,2 млрд т в год. Из этого количества 6,5 % выброса СО₂ обусловлен антропогенной деятельностью человека. Доля выброса СО₂ автомобильным транспортом (АТ) составляет 1,3 %, заметно замешая содержание кислорода в городской среде.

Загрязнение почвы и растений твердыми частицами (ТЧ) опасно в целом для окружающей среды (ОС). Повышенное содержание СО₂ в атмосфере нарушает тепловой баланс планеты, вызывая парниковый эффект. При сгорании 1 кг бензина или ДТ выделяется 3,1 кг СО₂, а при сгорании ПГ — 2,8 кг СО₂.

Целью работы является повышение эффективности эксплуатации НТС при работе на АВТ.

Задачей исследования является проведение анализа методов снижения сажи, оксидов азота и углекислого газа НТС.

Традиционные НТС по ряду причин характеризуются повышенным выбросом сажи. Сажевые частицы обладают исключительно высоким свойством адсорбирования канцерогенных веществ (бензапирена $C_{20}H_{12}$).

Потенциал образования парникового эффекта можно представить зависимостью:

$$I_{\text{пэф}} = m_{CO_2} + 320m_{N_2O} + 25m_{CH_4}, \quad (1)$$

где m_{CO_2} , m_{N_2O} и m_{CH_4} — выбросы ВВ; 1, 320 и 25 — коэффициент потенциала парникового эффекта данных веществ.

Нормируемыми ВВ ОГ в соответствии с действующими нормативными документами являются шесть компонентов: $C_{\text{тч}}$, CO_2 , CO , NO_x , $CH_{\text{ог}}$ и $CH_{\text{ис}}$. В странах Европейского Союза достигнуто снижение выбросов CO_2 ТС до 135 г/км. В ближайшем будущем (2021 г.) норма составит 95 г/км. Нормирование выбросов оксидов серы осуществляют косвенно путем ограничения содержания серы в топливе.

Твердые частицы (ТЧ) улавливают фильтром после разбавления и охлаждения их до температуры ниже 52 °С. В дизелях различают органические (95 %) и неорганические (5 %) ТЧ. К органическим ТЧ относятся углерод (чистая сажа) и полициклические ароматические углеводороды, а к неорганическим — зола от присадок моторного масла, частицы солей и ржавчины, металлические частицы, а также керамическое волокно.

Жесткие экологические нормы способствуют применению на ТС селективных каталитических преобразователей SCR, обеспечивающих снижение выброса твердых частиц и нейтрализацию продуктов неполного сгорания (CO и C_mH_n), альдегидов ($RCOH$) и NO_x .

Структура углеводородного топлива заметно влияет на выброс сажи, содержание которой в ОГ возрастает при увеличении углеродного числа (отношение С:Н). Закономерность уменьшения выброса сажи обусловлена соотношением в топливе нормальных парафинов, олефинов и ароматических углеводородов. Выброс $C_{\text{тч}}$ может быть представлен зависимостью:

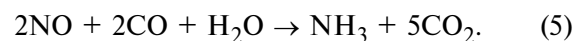
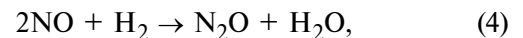
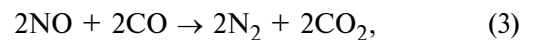
$$C_{\text{тч}} = 1,02C_c + 0,277C_{\text{т}}C_{\text{п}}, \text{ мг/м}^3, \quad (2)$$

где C_c — содержание углерода в ОГ, г/м³; $C_{\text{т}}$ — содержание углерода в топливе, %; $C_{\text{п}}$ — содержание углерода в смеси, %.

Система нейтрализации ОГ современных дизелей содержит селективный каталитический преобразователь SCR (Selective Catalytic Reduction), состоящий из каталитического нейтрализатора в виде сотовой структуры, и системы "DeNO_x", представляющей устройство дозирования в выпускной трубопровод аммиачного заменителя AdBlue.

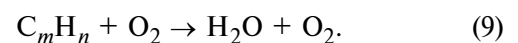
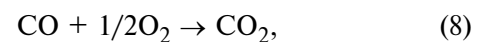
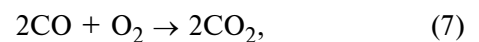
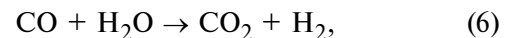
Система SCR содержит окислительный нейтрализатор продуктов неполного сгорания (CO и C_mH_n) и нейтрализатор сажи. Окислительный нейтрализатор CO и C_mH_n дизелей аналогичен подобным устройствам бензиновых ДВС.

Образование NO_x является следствием высокой температуры и давления в КС. Восстановление NO_x окисью углерода может быть представлено химическими реакциями:



Каталитические нейтрализаторы "DeNO_x" работают с подачей в систему выпуска аммиака (NH_3), высвобождаемого из мочевины ($(NH_2)_2CO$).

В окислительном катализаторе протекает ряд химических реакций:



Селективность катализатора проявляется в его способности промотировать реакции (6), (7) раньше реакции (8). Кроме того, реакции (4) должны предшествовать промотирующим реакциям. Промоторы (лат. Promoveo — продвигаю) представляют собой вещества (платины, иттрия), добавление которых в небольших количествах к λ -зонду и катализатору увеличивает их активность и селективность. Токсичность ОГ дизелей обусловлена повышенным содержанием сажи и NO_x . Структура и содержание ТЧ в ОГ современных дизелей приведены на рис. 1.

Сажа представляет собой микроскопические углеродистые частицы различной формы, величины и структуры диаметром 0,05 мкм. Состав ТЧ в ОГ современного дизеля следующий: углерод — 41 %; углеводороды (топлива и масла) — 10 %; сульфат (SO_4) — 6 %; сера и оксиды металлов — 15 %; пары воды — 28 %.

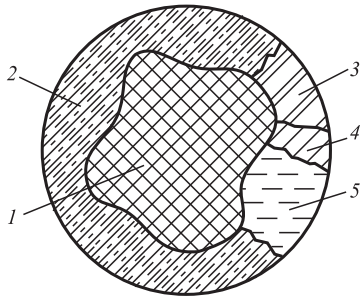


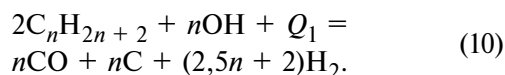
Рис. 1. Структура и состав ТЧ в ОГ современного дизеля:

1 — углерод; 2 — углеводороды; 3 — сульфат (SO₄); 4 — сера и оксиды металлов; 5 — пары воды (H₂O)

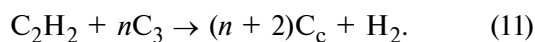
Ядро частицы состоит из чистого углерода, адсорбирующее различные углеводородные соединения, оксиды металлов и серы и канцерогенные вещества.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) сажи в атмосферном воздухе составляет: максимальная разовая 0,15 мг/м³, среднесуточная 0,05 мг/м³. Содержание сажи в ОГ для бензиновых двигателей составляет 0,04 г/м³, а дизелей — 0,1–0,01 г/м³.

Механизм образования сажи в случае термического разложения углеводородного топлива может быть представлен зависимостью



Схематичная реакция адсорбции ацетилена на поверхности образовавшейся частицы сажи имеет вид:

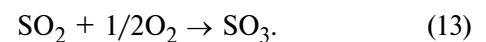


Механизм и природа образования твердых частиц дизелей не раскрыты до уровня известности и требуют уточнения. Сажевые частицы в КС образуются при расширении продуктов сгорания. В процессе очистки цилиндра они агломерируются, образуя частицы диаметром до 0,6 мкм, удельная поверхность которых достигает 200 м²/г.

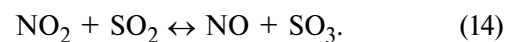
Механизм образования сажи при сгорании топлива в цилиндре дизеля содержит три стадии образования частиц сажи. Первоначально образование ядра ТЧ сопровождается преодолением порога активации. В гетерогенной системе требуется меньшая потенциальная энергия по сравнению с гомогенной. В дальнейшем происходит перерастание ядра ТЧ в частицу сажи. На заключительной стадии происходит физическая коагуля-

ция частиц сажи. Известные модели используют зависимость зарождения и окисления сажевых частиц с привлечением уравнения баланса массы. Разработанные модели используют в однозонных, двух- и многозонных моделях сгорания.

ДТ имеет содержание серы соответственно 0,005 и 0,001 % (10 и 50 мг/кг), что соответствует нормам "Евро-4" и "Евро-5". При сгорании топлива сера образует SO₂ и SO₃, количество которых зависит от температуры сгорания и выпуска степени разбавления ОГ воздухом и содержания серы в топливе. Простые уравнения образования SO₂ и SO₃ не дают количественных зависимостей.



Реакции 13 и 14 экзотермические. В пламени углеводородных смесей максимальный уровень SO₃ находится в пределах 1–5 % от уровня SO₂, а в пламени богатых смесей происходит превращение SO₂ в SO₃. В присутствии водяных паров SO₃ превращается в аэрозоли жидкой серной кислоты, эти пары могут адсорбироваться на поверхности твердых частиц, создавая сернистые частицы. Малые частицы (<1 мкм) некоторых материалов (окислы металлов и др.) действуют как катализаторы образования SO₃ и адсорбируют SO₃. На образование SO₂ и SO₃ оказывает влияние реакция:



Окисление сажевых образований атомами кислорода и радикалами OH происходит в узкой области пламени. Размеры ТЧ при диффузионном сжигании составляют 0,02–0,50 мкм.

Наиболее признанный метод расчета концентраций ВВ представлен в программе "Дизель-РК", разработанной специалистами МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Модель формирования сажевых частиц в общем виде может быть представлена зависимостью:

$$dm_{\text{собр}}/dt = A_T m_T P^{0,5} \exp\left(-\frac{E_T}{RT}\right), \quad (15)$$

где m_T , $m_{\text{собр}}$ — массы топлива и сформированной сажи соответственно; A_T — константа топлива, определяемая типом двигателя; E_T — энергия активации реакций формирования сажи $E_T = 5,25 \cdot 10^4$ (Дж/моль); R — универсальная газовая постоянная; p , T — давление и температура в цилиндре двигателя.

Расчетные соотношения скорости образования сажи в зоне горения могут быть представлены зависимостью:

$$\left(\frac{d[C]}{dt}\right)_k = 0,004 \frac{q_c}{V} \frac{dx}{dt}, \quad (16)$$

где V — текущий объем цилиндра; q_c — цикловая подача топлива; dx/dt — скорость тепловыделения.

Скорость образования сажи пропорциональна исчезновению жидких капель вследствие полного их испарения. Параллельно с образованием сажи протекает процесс выгорания сажевых частиц и уменьшения их объемной концентрации.

Модель окисления сажевых частиц в общем виде может быть представлена зависимостью:

$$dm_{c_{\text{выг}}}/dt = A_c m_{c_{\text{обр}}} O_2 P^{1,8} \exp\left(-\frac{E_o}{RT}\right), \quad (17)$$

где $m_{c_{\text{выг}}}$, $m_{c_{\text{обр}}}$ — массы окислившейся и сформировавшейся части углеводородов; A_c — константа, определяемая характером образовавшейся части сажевых частиц; E_o — энергия активации реакций окисления сажи $E_c - 5,9 \cdot 10^4$ (Дж/моль); $[O_2]$ — мольная концентрация кислорода в продуктах сгорания.

Скорость выгорания сажи может быть представлена выражением:

$$\left(\frac{d[C]}{dt}\right)_b = 3,1 \cdot 10^{-6} n^{0,5} p [C], \quad (18)$$

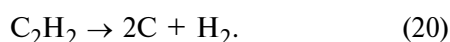
где p — текущее давление в цилиндре, МПа; $[V] = C/V$ — текущая концентрация сажи в объеме цилиндра.

Скорость изменения массы сажи может быть представлена зависимостью:

$$dm_c/dt = dm_{c_{\text{обр}}}/dt - dm_{c_{\text{выг}}}/dt, \quad (19)$$

где m_c , $m_{c_{\text{обр}}}$, $m_{c_{\text{выг}}}$ — массы топлива, сформировавшейся и выгоревшей сажи.

Образование сажи основано на химическом преобразовании молекул топлива в молекулы ацетилен (C_2H_2), представляющим конечный продукт цепных реакций, предшествующих образованию свободного углерода и ростом числа атомов (С) ядер сажи. Фундаментальным положением моделей образования сажи является образование первичных частиц сажи (ядер) пропорционально содержанию ацетилена C_2H_2 , образующегося в результате пиролиза топливных молекул при частичном недостатке кислорода со скоростью $d[z]/dt$:



Скорость зарождения ядра сажи $d[z]/dt$ находится, опираясь на фундаментальное положение о ее пропорциональности скорости образования предшественников сажи C_2H_2 или ПАУ, из выражения:

$$\frac{d[z]}{dt} = 1,0 \cdot 10^4 \exp\left(\frac{21,100}{T}\right) [C_2H_2], \text{ моль}/(\text{см}^3 \cdot \text{с}). \quad (21)$$

Скорость изменения концентрации сажи в цилиндре из-за расширения:

$$\left(\frac{d[C]}{dt}\right)_V = 0,75 \frac{6n}{V} \frac{dV}{d\phi} C. \quad (22)$$

Перевод полученного значения концентрации сажи $[C]$, г/м³ в единицы шкалы Хартриджа (Hartridge) осуществляется по уравнению:

$$\text{Hartridge} = 100[1 - 0,954 \exp(-2,4226[C]). \quad (23)$$

По аналогичным эмпирическим зависимостям концентрация сажи $[C]$ может быть переведена в единицы шкалы Bosch, а также в единицы коэффициента абсолютного светопоглощения K , м⁻¹.

Показатели концентрации твердых частиц могут быть вычислены по эмпирической формуле в зависимости дымности ОГ:

$$[PM] = 565 \left(\ln \frac{10}{10 - \text{Bosch}} \right)^{1,206}. \quad (24)$$

В камере сгорания существуют неоднородные по температуре участки. Капли жидкого топлива, попадая на эти поверхности, крекируются, и двигатель работает с повышенной дымностью ОГ. На стадии процесса сгорания образуется свободный углерод. С ростом температуры увеличивается разница между скоростями распада и окисления углеводородов.

Схема выделения углерода в зависимости от параметров процесса сгорания приведена на рис. 2.

Общая продолжительность пребывания углеводородов в кинетической области $\tau_{кр}$ включает продолжительность прогрева рабочей смеси ($\tau_{пр}$) до температуры самовоспламенения и продолжительность кинетической реакции ($\Delta\tau_{кр}$):

$$\tau_{кр} = \tau_{пр} + \Delta\tau_{кр}. \quad (25)$$

Пребывание углеводородов в кинетической области $\tau_{кр}$ незначительно по величине и продолжительности по сравнению с диффузионным процессом и сопровождается незначительным выбросом сажи C_k в кинетической области.

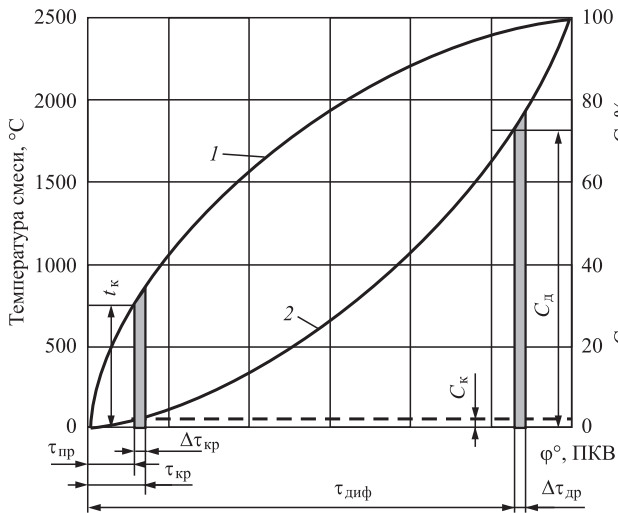


Рис. 2. Схема образования углерода в зависимости от параметров процесса сгорания:

1 — температура рабочей смеси, °С; 2 — содержание сажи в ОГ, %; C_k — содержание сажи при кинетическом сгорании; C_d — содержание сажи при диффузионном сгорании; t_k — температура кинетического пламени, °С; $\Delta\tau_{кр}$ — продолжительность кинетической реакции сгорания; $\tau_{пр}$ — температура прогрева рабочей смеси; $\tau_{кр}$ — продолжительность кинетической реакции; $\tau_{диф}$ — продолжительность диффузионного процесса; $\Delta\tau_{др}$ — продолжительность диффузионной реакции сгорания; φ — угол поворота коленчатого вала

Горение углерода носит гетерогенный характер и происходит на поверхности твердых частиц, содержание которых в ОГ нормируется. Кинетический параметр $\tau_{кр}$ незначителен по величине и сопровождается небольшим выбросом сажи в кинетической области.

Продолжительность $\tau_{диф}$ диффузионного горения складывается из продолжительности диффузионного перемешивания рабочей смеси, сопровождающегося нагревом компонентов, и временем протекания реакции $\tau_{диф}$ при кинетическом горении $\tau_{кр}$. Если продолжительность $\tau_{диф}$ существенно больше, то количество выброса углерода существенно выше.

Продолжительность сгорания гетерогенной горючей смеси (τ_r) складывается из продолжительности возникновения физического контакта между горючим веществом и кислородом воздуха ($\tau_{диф}$) и времени для протекания самой химической реакции $\tau_{др}$:

$$\tau_r = \tau_{диф} + \tau_{др}, \quad (26)$$

где $\tau_{диф}$ — продолжительность контакта между горючим веществом и кислородом воздуха; $\tau_{др}$ — продолжительность химической реакции при диффузионном сгорании.

Диффузионное перемешивание рабочей смеси сопровождается нагревом компонентов и увеличением времени при диффузионном сгорании $\tau_{др}$. Продолжительность $\tau_{др}$ существенно больше кинетической величины. Количество выброса углерода в этой области существенно выше.

Принципиальная схема окислительного нейтрализатора и сажевого фильтра современного дизеля приведена на рис. 3.

Принцип работы фильтра связан с задержкой и сжиганием в нем ТЧ частиц.

Очистку газа от сажи обеспечивают простые керамические фильтры с развитой поверхностью. Средняя величина гидравлического сопротивления не более 3,5—40 кПа при наработке 400—500 км.

Селективный преобразователь содержит корпус 15 с входным 1 и выходным 12 патрубком ОГ, окислительный каталитический нейтрализатор 3 с сотовой структурой и сажевый фильтр 8, λ -зонд 2, датчик давления 13 и датчик температуры 5. Матрица фильтра задерживает до 80 % частиц размером 0,02—0,10 мкм. Нагреватель датчика защищен слоем глинозема (Al_2O_3). Мощность сигнала датчика нагревателя составляет 8 Вт. Носитель SCR покрыт Al_2O_3 катализатором из платины Pt и специальным веществом R, выполняющим функцию адсорбера. Перепад давления на сажевом фильтре определяется посредством дифференциального датчика давления 13.

Пеночерамические матрицы изготавливают в виде цилиндров с внешним диаметром 120 мм, внутренним — 40 мм и длиной 600 мм. Объемная плотность керамики 0,25—0,45 г/см³ с пористостью 82—90 %.

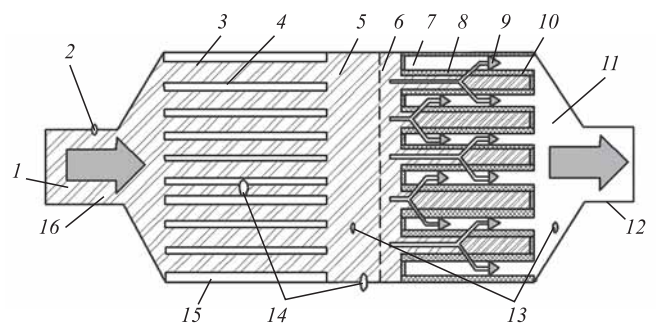


Рис. 3. Принципиальная схема окислительного нейтрализатора и сажевого фильтра современного дизеля:

1 — входная полость газа; 2 — λ -зонд; 3 — катализатор; 4 — канал прохода ОГ; 5 — разделительная полость; 6 — керамическая полость; 7 — канал очищенного газа; 8 — фильтр частиц сажи; 9 — канал выхода ОГ; 10 — полость очищенного газа; 11 — выходная полость газа; 12 — выходной патрубок; 13 — датчики давления; 14 — датчики температуры; 15 — корпус нейтрализатора; 16 — входной патрубок

SCR содержит впускную I и выходную II полости, разделенные между собой фильтрующими стенками. Частицы газа задерживаются во впускных каналах, а очищенный газ свободно проходит через поры стенок каналов.

Сажевый фильтр устанавливают после турбокомпрессора в непосредственной близости от двигателя. На коротком пути до фильтра температура ОГ остается достаточно высокой для сгорания сажи. Поверхность фильтрующего элемента покрыта тонким слоем катализатора, повышающего температуру до 560–600 °С. Толщина стенок между ее каналами не превышает 0,4 мм. Сажевые фильтры очищают периодически путем впрыска топлива в цилиндры. Выжигание сажи осуществляют путем впрыскивания небольшой дозы топлива при повороте КВ на 35° после ВМТ при движении НТС накатом. Впрыскивание дополнительной дозы топлива происходит на такте расширения, исключая процесс самовоспламенения в цилиндре. Принудительное выжигание сажи сопровождается дополнительным выбросом CO₂.

Различают пассивную и активную регенерацию сажевого фильтра. Очистка фильтра происходит по команде ЭБУ после 400–500 км пробега автомобиля. В процессе регенерации накопленные в фильтре частицы сажи выжигаются (окисляются).

Пассивная регенерация непрерывно обеспечивает выжигание сажи без специального вмешательства в систему управления двигателем.

Активная регенерация обеспечивает выжигание частиц сажи в условиях высоких температур. При скоплении в фильтре необходимого количества сажи запускается процесс его регенерации, протекающей по командам ЭБУ. Температура ОГ повышается до 600–650 °С, что достаточно для окисления сажи до диоксида углерода. При активной регенерации частички сажи сгорают из-за высокой температуры ОГ.

При сгорании топлива сера образует SO₂ и SO₃, количество которых зависит от температуры сгорания и выпуска степени разбавления ОГ воздухом и содержания серы в топливе. Мелкие частицы (<1 мкм) некоторых материалов действуют как катализаторы образования SO₃ и адсорбируют SO₃. ДТ имеет содержание серы соответственно 0,005 и 0,001 % (10 и 50 мг/кг), что соответствует нормам "Евро-4" и "Евро-5".

Принципиальная связь выбросов сажи и оксидов азота приведена на рис. 4.

Повышение термических и энергетических показателей ТС сопровождается увеличением NO_x. Снижение упомянутых показателей сопровождается повышенным выбросом сажи.

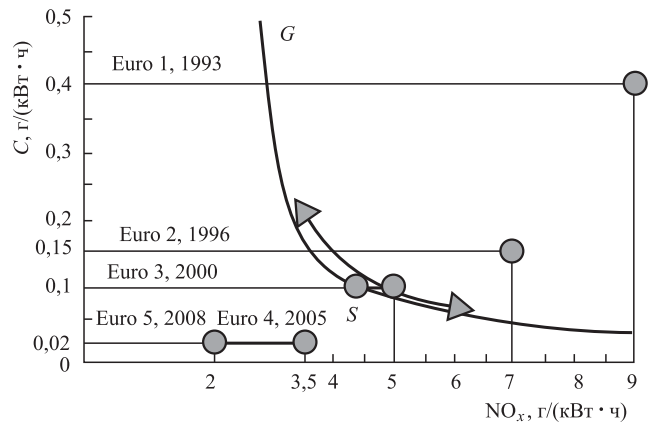
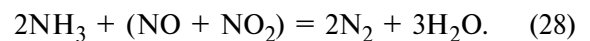
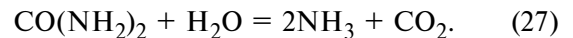


Рис. 4. Принципиальная связь выбросов сажи и оксидов азота

Для снижения выбросов NO_x наиболее перспективно применение нейтрализатора адсорбционно-каталитического типа "DeNO_x", работающего путем подачи в систему выпуска аммиака NH₃, мочевины (NH₂)₂CO с молекулярным весом 60,07 г/моль. Применение мочевины снижает на 100 °С температуру начала химических реакций.

Принцип действия системы "DeNO_x" заключается в организации химической реакции аммиака (NH₃) с оксидами азота ОГ, в результате которой образуется N₂ и H₂O.



Применение аммиака в чистом виде представляет определенные трудности. В Германии концерном Total на водной основе создан безопасный заменитель аммиака. Аналогичный заменитель разработан в нашей стране [3]. Организован выпуск этой жидкости и получен сертификат качества.

Разработанная мочевина для восстановления NO_x без цвета, запаха, получившая название AdBlue, содержит 32,5 % мочевины (растворенные белые кристаллы) и 65,5 % воды [4, 5]. Разложение карбамида происходит при температуре 133 °С. В результате разложения образуются CO₂ и NH₃. При сжатии выделяется небольшое количество NO_x.

Принцип действия системы "DeNO_x" заключается в организации химической реакции аммиака (NH₃) с оксидами азота ОГ, в результате которой образуется азот и водяной пар.

Принципиальная схема системы AdBlue содержит сажевые фильтры, размещенные в выпускном трубопроводе, модуль подачи жидкости, сообщен-

ный с форсункой, ЭБУ двигателя, сообщенный с ЭБУ автомобиля, датчик лямда-зонд и датчик NO_x и индикатор неисправностей. Система включает ЭБУ автомобиля, сообщенный электрической цепью с модулем дозирования и ЭБУ двигателя для гибкой адаптации к различным вариантам управления автомобилем. Катализатор "DeNO_x" оснащен дозатором мочевины, электронный импульс на который поступает от ЭБУ.

Жидкость AdBlue впрыскивается в поток ОГ перед смесителем. AdBlue преобразуется в аммиак и поступает в катализатор SCR, где аммиак и NO_x преобразуются в N_2 и H_2O .

Контроль дозирования мочевины осуществляется при помощи замкнутого контура на основе полученной информации от двух датчиков NO_x .

Система нейтрализации NO_x включает первый этап путем предварительного окисления NO_x , второй — получение NH_3 из впрыскиваемой мочевины; третий — снижение содержания NO_x и четвертый — снижение избыточного аммиака в аммиачно-окислительном катализаторе.

Принципиальная схема системы SCR "DeNO_x" приведена на рис. 5.

Принципиальная схема SCR "DeNO_x" содержит окислительный катализатор 33, сажевый фильтр 30, бачок с мочевиной 3, ЭБУ 36, дозирующее устройство 35, ресивер запаса воздуха 11, датчик температуры 29, форсунку 14.

Модуль подачи жидкости и распыляющего воздуха содержит топливный бак 3 для жидкости, дозирующий модуль 35 и форсунку подачи жидкости 32 и электрические цепи.

Система нейтрализации NO_x оснащена жидкостным мембранным насосом 8, обеспечивающим подачу мочевины из бака 3 к ЭМФ 32. Давление в системе впрыска составляет 0,3—0,6 МПа.

Воздушный ресивер 11 находится под давлением 1,0 МПа. Форсунка распыляет мочевину под давлением 0,36 МПа.

Датчик NO_x содержит сенсорный элемент и электронный блок управления, установленный на раме автомобиля. Сенсорный элемент и электронный блок соединены электрической цепью. ЭБУ датчика передает информацию замеров концентраций газов по мультиплексной шине ОГ на другие ЭБУ.

Анализ замеренных значений осуществляется в ЭБУ системы AdBlue. Датчик NO_x оснащен электрическим нагревательным элементом, активизирующим при включении зажигания. Команда на включение — выключение нагревательного элемента поступает по мультиплексной шине ЭБУ системы AdBlue. Датчик NO_x является двухкамерным и измеряет уровень оксидов азота и содержание кислорода в потоке ОГ.

Электронное управление интегрировано как в блок управления двигателем (ECU), так и в блок дозатора управления (DCU). Блок управления 25 чрезвычайно точно измеряет количество мочевины/DEF, которое впрыскивается в соответствии с параметрами работы двигателя. Затем мочевина при помощи процесса гидролиза преобразуется в аммиак, необходимый для дальнейшей реакции. Внутри каталитического нейтрализатора SCR аммиак уменьшает количество оксидов азота, превращая их в безвредные азот и воду.

Мочевина замерзает при температуре $-11\text{ }^\circ\text{C}$. Выход из строя хотя бы одного нагревательного элемента приведет к переходу в ограниченный режим двигателя. Мощность двигателя снижается на 30—60 %, возрастает расход топлива и ощутимо снижаются его тяговые показатели.

Контроль дозирования мочевины осуществляется при помощи замкнутого контура на основе полученной информации от двух датчиков NO_x . Устранение неисправности в системе подачи мо-

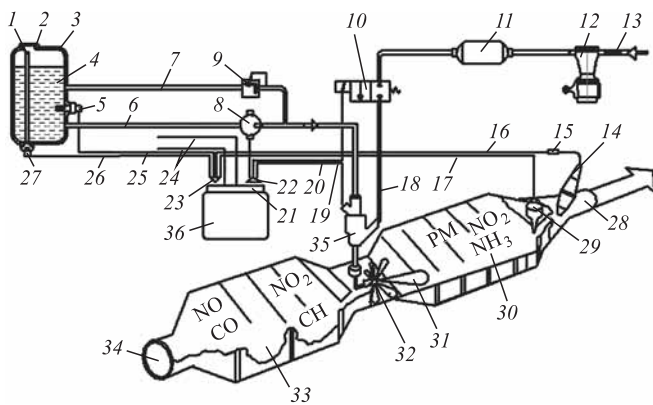


Рис. 5. Принципиальная схема SCR "DeNO_x":

1 — трубопровод; 2 — крышка; 3 — бак с мочевиной; 4 — мочевина; 5 — датчик температуры мочевины; 6 — трубопровод подачи мочевины; 7 — трубопровод возврата мочевины; 8 — насос подачи мочевины; 9 — регулирующий клапан; 10 — регулирующий клапан; 11 — воздушный ресивер; 12 — воздушный компрессор; 13 — трубопровод; 14 — форсунка; 15 — предохранитель; 16 — электрическая цепь; 17 — электрическая цепь; 18 — трубопровод подачи сжатого воздуха; 19 — электрическая цепь; 20 — электрическая цепь; 21 — разъем ЭБУ; 22 — разъем; 23 — разъем; 24 — электрическая цепь; 25 — электрическая цепь; 26 — электрическая цепь; 27 — штуцер; 28 — выходной участок выпускного трубопровода; 29 — датчик температуры ОГ; 30 — сажевый фильтр SCR; 31 — факел мочевины; 32 — форсунка; 33 — окислительный нейтрализатор; 34 — входной участок трубопровода; 35 — дозирующее устройство; 36 — ЭБУ

чевины обеспечивают путем замены датчика сопротивления 7 с измененными параметрами. На этом принципе работают простейшие эмуляторы. Наиболее эффективный способ ремонта или отключения системы подачи мочевины достигается при установке эмулятора мочевины.

Устройство позволяет обходить электронику системы не повреждая других функций и электронных блоков. Система SCR оснащена подогревом, и пока двигатель работает, мочевина не замерзнет. Для полного ее замерзания при температуре $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ автомобиль должен простоять без движения двое суток.

Использование системы SCR вместо системы EGR (система рециркуляции ОГ) обеспечивает большую выходную мощность двигателя при одинаковом объеме двигателя; уменьшение количества NO_x в ОГ до 90 %; уменьшение количества C_mH_n и CO в ОГ до 50 %; уменьшение сажевых частиц до 50 % и сокращение оксида азота до 95 %.

Принципиальная схема системы подачи мочевины современных дизелей приведена на рис. 6.

Система нейтрализации оксидов азота ОГ содержит расходный бак 1 с датчиком 40 температуры и уровня мочевины, связанный через трубопровод 2 с двигателем 6, модуль 21 дозирования мочевины с блоком управления, форсунку 26 подачи мочевины и смеситель 25 мочевины и воздуха.

Воздушный ресивер находится под давлением 1,0 МПа. Мочевина впрыскивается форсункой 26 в поток ОГ перед смесителем 25 мочевины и распыляющего воздуха.

Для снижения выбросов NO_x наиболее перспективно применение нейтрализатора адсорбционно-каталитического "De NO_x ". Селективный каталитический преобразователь SCR обеспечивает нейтрализацию продуктов неполного сгорания сажи и частично NO_x .

Модуль дозирования 21 снабжен смесительной камерой и вентилем. Модуль 34 подачи жидкости содержит встроенный ЭБУ 35, дозирующий клапан, клапан сброса воздуха, фильтр предварительной очистки, датчик давления воздуха до ограничителя, центральный реле-ограничитель, кондиционер, датчик давления после кондиционера, диафрагменный насос подачи жидкости, датчики температуры, топливный фильтр, датчик давления жидкости и датчик оксидов азота NO_x .

Датчик NO_x содержит сенсорный элемент, соединенный с ЭБУ электрической цепью.

Жидкость впрыскивается форсункой 26 в поток ОГ перед смесителем 25 мочевины и распыляющего воздуха. Мочевина преобразуется в ам-

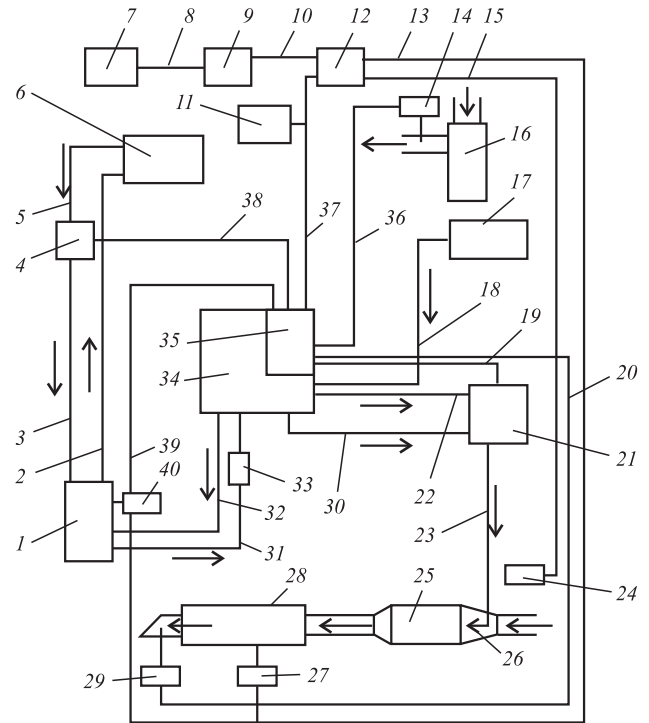


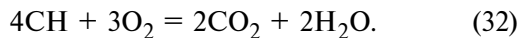
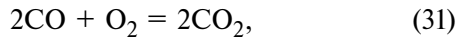
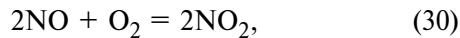
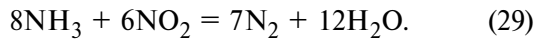
Рис. 6. Принципиальная схема системы подачи мочевины современных дизелей:

1 — расходный бак мочевины; 2 — трубопровод прямой подачи мочевины; 3 — трубопровод возврата жидкости электромагнитного клапана подогрева мочевины; 4 — электромагнитный клапан подогрева мочевины; 5 — трубопровод возврата мочевины; 6 — двигатель; 7 — индикатор уровня мочевины; 8 — трубопровод расхода мочевины; 9 — блок управления автомобилем; 10 — электрическая цепь ЭБУ; 11 — диагностический разъем ОВД; 12 — ЭБУ двигателя; 13 — трубопровод расхода воздуха; 14 — датчик температуры и влажности воздуха; 15 — трубопровод; 16 — воздушный фильтр; 17 — компрессор сжатого воздуха; 18 — трубопровод подачи сжатого воздуха; 19 — электрический провод; 20 — электрическая цепь датчика оксида азота; 21 — модуль дозирования мочевины; 22 — трубопровод подачи воздуха; 23 — дозирующая линия подачи мочевины; 24 — выхлопной датчик температуры перед смесителем мочевины; 25 — смеситель мочевины и сжатого воздуха; 26 — форсунка подачи мочевины; 27 — датчик оксида азота; 28 — каталитический нейтрализатор; 29 — датчик температуры ОГ; 30 — трубопровод подачи мочевины; 31 — трубопровод подачи мочевины; 32 — электрическая цепь; 33 — линейный фильтр мочевины; 34 — модуль подачи мочевины со встроенным ЭБУ; 35 — ЭБУ диагностическим оборудованием; 36 — электрическая цепь датчика температуры; 37 — электрическая цепь блока управления; 38 — электрическая цепь электромагнитного клапана; 39 — электрическая цепь блока управления; 40 — датчик температуры и уровня мочевины

миак, смешивается с остальными ОГ и вместе с ними поступает в катализатор SCR, где NH_3 и NO_x преобразуются в водяной пар и поступают в атмосферу.

Воздушный ресивер находится под давлением 1,0 МПа. Форсунка распыляет мочевину сжатым

воздухом под давлением 0,35 МПа. Мочевина впрыскивается форсункой 26 в поток ОГ перед смесителем 25. Реакция протекает в присутствии катализатора:



Активность каталитической нейтрализации ОГ достигает 95 %. "DeNO_x" нейтрализатор работает путем подачи в систему выпуска NH₃, получаемого из мочевины (NH₂)₂CO.

Система окислительного нейтрализатора дизелей аналогична бензиновым ДВС. Сравнительно низкая температура ОГ дизеля равная 200—250 недостаточна для организации эффективных его каталитических процессов нейтрализации NO_x. Применение мочевины снижает на 100 °С температуру начала химических реакций. Увеличение температуры ОГ на каждые 10 °С ведет к росту скорости химических реакций в 2—4 раза.

Особенность работы катализатора "DeNO_x" заключается в применении дозатора мочевины, электронный импульс на который поступает от ЭБУ. Дозирование мочевины осуществляется ЭМФ, управляющий электронный импульс которой поступает от ЭБУ.

Химический процесс протекает непосредственно в глушителе выпускной системы. На входе процесса происходит реакция окисления NO и NO₂ с мочевиной NH₃, в результате получаем N₂ и H₂O. Активность метода достигает 90 %. Сначала из водного раствора мочевины под воздействием высокой температуры ОГ образуются CO₂ и NH₃. В дальнейшем аммиак, взаимодействуя с NO_x, восстанавливает их до N₂.

Наиболее эффективна система нейтрализации ОГ дизелей, оснащенных пневматическим устройством. Особенность работы катализатора "DeNO_x" заключается в применении дозатора мочевины, электронный импульс которого поступает от ЭБУ.

Система нейтрализации NO_x оснащена жидкостным насосом, обеспечивающим подачу мочевины из бака к ЭМФ. Давление в системе впрыска составляет 0,3—0,6 МПа. ЭМФ оснащена воздушным каналом, сообщенным с пневматической системой автомобиля. Воздушный поток, проходящий через ЭМФ, смешивается с мочевиной и впрыскивается в выпускной трубопровод в виде облака капель.

Система включает регулятор расхода мочевины, устройство приготовления смесового состава топлива, датчики концентрации мочевины и смеси, расхода мочевины, частоты вращения КВ двигателя, крутящего момента, измерители показателей NO_x и СО и устройство сбора и обработки данных.

Устройство дозирования топлива содержит топливный бак, насос и ЭМФ с пневматической системой распыливания. Топливная смесь поступает непосредственно из отдельной емкости через управляемый регулятор его расхода. Стоимость жидкости AdBlue в 4 раза выше базового топлива. Модуль подачи жидкости и распыляющего воздуха представлен на рис. 7.

Модуль подачи мочевины и распыляющего воздуха содержит бак 1 для мочевины, подающий мембранный насос 5, клапан сброса воздуха 6, дозирующий модуль 12 и форсунку подачи мочевины 14 и кабель 2 обогрева трубопровода 10 подачи мочевины.

Система нейтрализации NO_x оснащена жидкостным мембранным насосом 5, обеспечивающим подачу мочевины из бака 1 к ЭМФ 14. Давление в системе впрыска составляет 0,3—0,6 МПа.

Дозатор 12 снабжен смесительной камерой 16 и клапаном 11. Модуль 26 подачи жидкости содержит дозирующий клапан, клапан сброса воздуха, фильтр предварительной очистки, датчик давления воздуха до ограничителя, кондиционер,

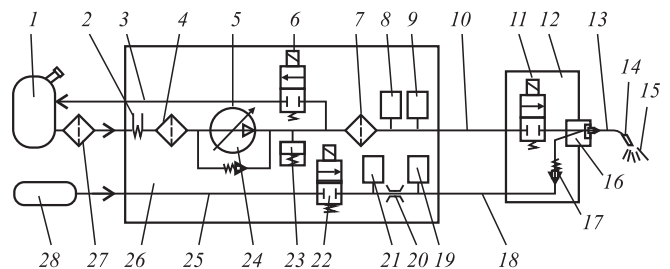


Рис. 7. Модуль подачи мочевины и распыляющего воздуха:

1 — топливный бак; 2 — кабель обогрева; 3 — трубопровод возврата топлива; 4 — фильтр грубой очистки; 5 — мембранный насос; 6 — клапан сброса воздуха; 7 — фильтр тонкой очистки; 8 — датчик температуры мочевины; 9 — датчик давления мочевины; 10 — трубопровод прямой подачи мочевины; 11 — клапан; 12 — дозирующий модуль; 13 — трубопровод подачи мочевины и воздуха; 14 — форсунка; 15 — факел; 16 — смеситель мочевины и воздуха; 17 — обратный клапан; 18 — линия; 19 — датчик давления воздуха после дросселя; 20 — дроссель; 21 — датчик давления воздуха перед дросселем; 22 — регулирующий воздушный клапан; 23 — обратный клапан; 24 — обратный клапан; 25 — трубопровод прямой подачи воздуха; 26 — модуль; 27 — предварительный фильтр; 28 — воздушный ресивер 1 МПа

датчик давления после кондиционера, насос подачи жидкости, датчики температуры, фильтр, датчик давления жидкости. Воздушный ресивер 28 находится под давлением 1,0 МПа. Форсунка распыляет мочевины под давлением 0,36 МПа. Система подачи воздуха содержит ресивер 28, регулирующий воздушный клапан 22, дроссель 20. ЭМФ оснащена воздушным каналом, сообщенным с пневматической системой автомобиля.

Анализ замеренных значений осуществляется в ЭБУ системы AdBlue. Датчик NO_x оснащен электрическим нагревательным элементом, который активируется при включении зажигания. Датчик NO_x является двухкамерным и замеряет уровень оксидов азота и содержание кислорода в потоке ОГ.

Мочевина, представляющая собой химикат, выделяет при нагревании аммиак, расщепляющий NO_x на N₂ и O₂.

При оценке интегральной токсичности ОГ двигателя на режимах 13-ступенчатого цикла на каждом режиме определяют концентрации C_{NO_x} и рассчитывают их часовые массовые выбросы E_{NO_x} [6]. Удельные выбросы NO_x определяют путем суммирования за весь цикл по каждому компоненту и затем делят на условную среднюю мощность дизеля за каждый испытательный цикл $\sum N_{ei} k_i$:

$$g_{NO_x} = \frac{\sum_{i=1}^{15} M_{NO_x} k_i}{\sum_{i=1}^{15} N_{ei} k_i}, \quad (33)$$

где M_{NO_x} — массовый выброс вредного вещества (г/ч) на i-м режиме; N_{ei} — мощность, развиваемая двигателем на i-м режиме, кВт; k_i — коэффициент весомости i-го режима.

Предельно допустимый удельный выброс оксидов азота в соответствии с "Евро-5" составляет 2 г/(кВт·ч) при сжигании 1 кг топлива.

Массовый выброс NO_x на режимах 13-режимного цикла, поступающих в выпускную систему, может быть представлен зависимостью:

$$M_{NO_x} = N_{ei} g_{NO_x}, \quad \text{г/ч}, \quad (34)$$

M_{NO_x} — масса выброса ВВ на режимах 13-ступенчатого цикла, кг/ч; N_{ei} — мощность, развиваемая двигателем в испытательном цикле, кВт; g_{NO_x} — удельный выброс оксидов азота в испытательном цикле, отнесенный к единице вырабатываемой мощности, г/(кВт·ч).

Согласно химическим реакциям для расщепления 1 г NO_x необходимо 3 г мочевины. Используя

пропорцию, получим необходимое количество мочевины для расщепления NO_x.

Определение количества мочевины для реакции с NO_x при сжигании 1 кг топлива:

$$M_m = g_m M_{NO_x}, \quad \text{г/ч}, \quad (35)$$

M_m — масса мочевины, кг/ч; g_m — удельная масса мочевины необходимая для реакции расщепления 1 г NO_x.

Объем воздуха, необходимый для распыливания мочевины, представлен зависимостью:

$$M_B = M_m l_{ам}, \quad (36)$$

l_{ам} — стехиометрический коэффициент аммиака, равен 6,1 кг воздуха/1 кг аммиака;

Объем емкости для мочевины может быть представлен зависимостью:

$$V_{бм} = V_{дт} M_m, \quad (38)$$

где V_{бм} — объем бака мочевины; V_{дт} — объем бака дизельного топлива; M_m — масса мочевины.

Необходимое количество мочевины для выполнения реакции с NO_x при сжигании 1 кг топлива равно 0,025 кг. Для распыления 1 кг мочевины необходимо 8,75 кг воздуха. Средний расход аммиачной жидкости составляет 6 % от потребляемого ДТ. Стоимость жидкости AdBlue в 4 раза выше базового топлива.

Принципиальная схема датчика оксидов азота системы нейтрализации ОГ дизеля при работе на AdBlue приведена на рис. 8.

Датчик NO_x представляет сенсорный элемент, установленный после катализатора в глушителе. Датчик NO_x оснащен электрическим нагревательным элементом, который активируется при включении зажигания. Датчик NO_x состоит из первой 5 и второй 3 камер, первого 6 и второго 2 нагнетательных элементов, двух пар наружных и внутренних нагревательных электродов 11 и 13. Подача напряжения сопровождается перемещением отрицательно заряженных ионов кислорода от отрицательного к положительному электроду. ЭБУ датчика передает информацию замеров концентраций газов по мультиплексной шине на другие ЭБУ. Анализ замеренных значений осуществляется ЭБУ системы AdBlue.

Работа первой камеры. Часть ОГ поступает в первую камеру 5. Концентрация кислорода в первой камере 5 снижается для возможности измерения малых доз NO_x в ОГ.

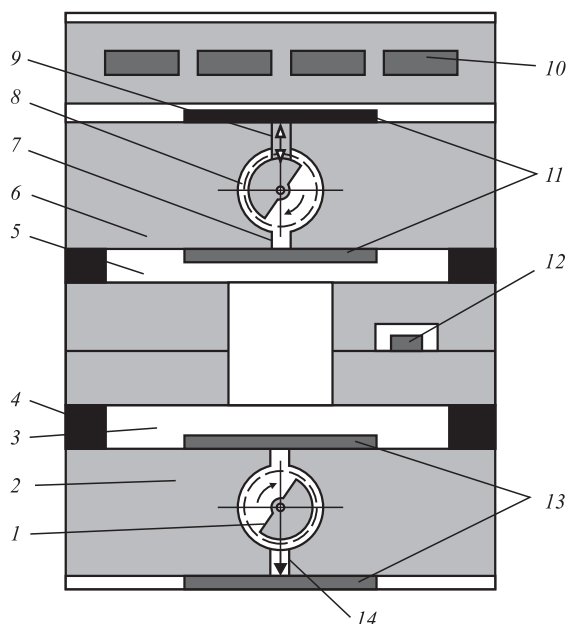


Рис. 8. Принципиальная схема датчика оксидов азота системы нейтрализации ОГ дизеля при работе на AdBlue:

1 — дроссель; 2 — второй нагнетательный элемент; 3 — вторая камера; 4 — заглушка; 5 — первая камера; 6 — первый нагнетательный элемент; 7 — канал; 8 — штуцер; 9 — канал; 10 — нагревательный элемент; 11 — наружный и внутренний электроды; 12 — контрольный элемент; 13 — наружный и внутренний электроды; 14 — канал

Вследствие различных долей кислорода в ОГ и контрольном элементе 12 на электродах 11 можно измерить электрическое напряжение. Блок управления 8 датчика NO_x регулирует это напряжение на постоянное значение, равное $\alpha = 1,0$. При этом нагнетательными элементами кислород откачива-

ется или закачивается, и таким образом концентрация кислорода в первой камере 5 регулируется до определенного значения.

Работа второй камеры. Отработавшие газы поступают из первой камеры во вторую. Молекулы NO_x ОГ на специальном электроде распадаются на N_2 и O_2 . Поскольку к внутреннему и наружному электродам приложено симметричное напряжение в 400 мВ, ионы кислорода перемещаются от внутреннего электрода к наружному. Возникающий ток ионов O_2 нагнетательного элемента является индикатором доли оксидов азота во второй камере. Ток ионов кислорода нагнетательного элемента пропорционален доли NO_x в ОГ.

Сопротивление выпускной системы перед нейтрализатором составляет 80 ГПа и не более 25 % общего ее сопротивления. Дизели работают с избытком воздуха ($\alpha > 1$), что сопровождается небольшими выбросами CO и C_mH_n . Для восстановления NO_x недостаточно CO в традиционных катализаторах. Высокое содержание кислорода в процессе сжатия позволяет эффективно окислять CO и C_mH_n при температуре выше 160 °С.

Накопительные системы SCR имеют точку скачка при температуре 210 °С и достигают высокой нейтрализации при температуре 450 °С. Для восстановления NO_x необходимо в ОГ подать мочевину перед катализатором [4]. Сравнительная оценка восстановителей оксидов азота для SCR-катализаторов приведена в таблице.

Применение мочевины в системе нейтрализации ОГ дизеля снижает на 100 °С температуру начала химических реакций. Применение присадки

Сравнительная оценка восстановителей оксидов азота для SCR-катализаторов

Параметр	Вид мочевины				
	Восстановитель ГОСТ Р ИСО 22241-1—2012	Водный раствор мочевины AdBlue	Жидкая мочевина	Карбонат аммония	Твердая мочевина
Плотность	0,97	0,97	0,61	1,60	1,34
Масса мочевины на 1 г NO , г	2,9	2,90	0,57	1,30	1,0
Объем мочевины 1 г NO , см ³	3,0	3,0	0,93	0,81	0,75
Гидролизная токсичность	Необходима	Необходима	Нет	Нет	Необходима
Токсичность	Да	Да	Нет	Да	Да
Дозировка	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая
Замерзание	Да	Да	Нет	Нет	Нет

к топливу снижает температуру выжигания сажи. Разработана система комплексной системы AdBlue SCR "DeNO_x" нейтрализации сажи и снижение выбросов оксидов азота путем подачи мочевины.

Средний расход мочевины составляет 6 % от потребляемого ДТ. Запас мочевины на борту ТС обеспечивает пробег 5000 км магистрального автопоезда. Стоимость восстановителя (мочевины) в 4 раза выше базового топлива.

Применение системы SCR обеспечивает снижение выбросов сажи до 98 %. Применение системы AdBlue SCR "DeNO_x" обеспечивает снижение NO_x до уровня 95 %. Технологию SCR, оборудованную датчиками NO_x и NH₃, широко применяют с 2005 г. на АТ. Комплексная система AdBlue SCR "DeNO_x" обеспечивает выполнение требований экологической эффективности дизелей уровня "Евро-5".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ерохов В. И.** Токсичность современных автомобилей. Методы и средства снижения вредных выбросов в атмосферу. Учебное издание. Изд-во "ФОРУМ", 2017. — 458 с.
2. **Марков В. А.** Токсичность отработавших газов дизелей и возможность ее снижения. Грузовик. — 2009. — № 8. — С. 27—41.
3. **ГОСТ Р ИСО 22241-1—2012.** Двигатели дизельные. Восстановитель оксидов азота AUS 32. Часть 1. Требования к качеству. Москва. — 2013. — 8 с.
4. **Двигатели** на природном газе с блоком управления EGCA. Электрооборудование. Фирма MAN Truck Bus Aktiengesellschaft, 2011. — 166 с.
5. **Service Training VSQ-ngVSQ-1.BiFuel.427.** "VOLKSWAGEN Group Academy" http://jettalub.org/uploads/SSP_rus_427_reysteija. Pdf 2009. — 59 с.
6. **Токсичность** отработавших газов дизелей / Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И. // М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 375 с.

Курс на упрощение бизнес-процессов и диджитализацию

Еще одно важное для всех российских клиентов MAN событие произошло в 2019 г. 5 июня в рамках ежегодного Дня MAN немецкий бренд представил телематический продукт MAN Pride, разработанный специально для российского рынка.

В базовой версии сервиса MAN Pride был анонсирован набор отчетности по ключевым контролируемым параметрам ТС. Помимо классических, система содержит уникальные отчеты, например отчет по эффективности вождения. По запросу клиентов (сегмент специальной техники) в базовый пакет добавлен отчет по работе коробки отбора мощности (КОМ) для анализа параметров ТС при работе гидроманипуляторов.

В октябре 2019 г. было проведено обучение ProfiDrive с использованием автобуса MAN Lions' Intercity, который оснащен системой спутникового мониторинга MAN Pride. Это позволило получить референсные значения эффективности вождения до и после проведения обучения. Экспертиза ProfiDrive и в дальнейшем будет использоваться для развития системы в целом.

"Мы запустили телематическую платформу MAN Pride всего 5 месяцев назад, но уже сегодня более 2500 автомобилей марки MAN подключены к сервису и из них более 50 % активированы нашими клиентами. В основном это ТС складской программы МТБР. Но хочу отметить, что наши крупные клиенты, например, WildBerrys и Великолукский мясокомбинат, начали закупать заказные позиции MAN с подключенной системой MAN Pride. Несколько клиентов, в парках которых есть транспорт различных производителей, подключили к нашей системе автомобили других брендов. Мы планируем, что в 2020 г. каждый новый грузовик и автобус марок MAN и NEOPLAN будут оснащены MAN Pride!", — сказал Павел Селев, коммерческий директор ООО "МАН Трак энд Бас РУС".

Другая важная новость, связанная с дальнейшим укреплением бренда в статусе высокотехнологичной и экологичной компании, появилась осенью. 3—7 сентября в Москве прошла главная выставка в сфере коммерческого транспорта в России — COMTRANS-2019. В рамках выставки российской публике впервые были представлены электрогрузовик eTGM и электрофургон eTGE, обладатели "Европейской транспортной премии за вклад в устойчивое развитие-2020" в номинациях "Электрогрузовики" и "Самый экологичный автомобиль Европы" соответственно. Руководство концерна полагает, что будущее городской логистики именно за электротранспортом — экологически чистым и практически бесшумным способом доставки грузов.

"Укреплению позиций бренда в 2019 г. способствовало несколько ключевых факторов: отличный продукт, правильная стратегия, профессиональная команда единомышленников, помогающая клиентам подбирать только те решения, которые способствуют росту их бизнеса. Весь 2019 год мы демонстрировали рынку наши безграничные возможности и активно участвовали во всех значимых событиях отрасли. В 2020 г. мы будем продолжать этот курс. Успех наших клиентов — это наш успех. Именно поэтому мы делаем все возможное, чтобы облегчить, упростить и ускорить бизнес клиента, а значит, сделать его более эффективным и прибыльным", — заключил новый генеральный директор ООО "МАН Трак энд Бас РУС" Ян Айхингер.

По материалам компании MAN Truck and Bus

В. А. Грушников, канд. техн. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: v.grushnikov@mail.ru, ВИНТИ РАН, г. Москва

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА. ЧАСТЬ 1

В немалой степени автомобильный транспорт ответственен за загрязнение атмосферного воздуха. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания не только токсичны, отравляя все биологические организмы, но и создают парниковый эффект, способствуя процессу глобального потепления. Устранение этих крайне нежелательных явлений обеспечивается совершенствованием экологической безопасности автомобильного транспорта, которое реализуется разными способами, среди которых — улучшение процесса сгорания топливно-воздушной смеси в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: автомобильные колесные транспортные средства, топливная энергия, двигатели внутреннего сгорания, экологическая безопасность.

To a large extent, road transport is responsible for air pollution. Emissions of exhaust gases from internal combustion engines are not only toxic, poisoning all biological organisms, but also create a greenhouse effect, contributing to the process of global warming. The elimination of these extremely undesirable phenomena is ensured by improving the environmental safety of road transport, which is implemented in various ways, including improving the combustion process of the fuel-air mixture in the cylinders of an internal combustion engine.

Keywords: automotive wheeled vehicles, fuel energy, internal combustion engines, environmental safety.

Совсем нешуточный скандал, не так давно возникший в дизельной сфере легкового автомобилестроения по вине автомобильного концерна Volkswagen со штаб-квартирой в г. Вольфсбург (ФРГ), вызванный вроде бы понятным желанием опередить конкурентов (но не ценой подтасовок же) и выразившийся в фальсификациях за счет селективных настроек программного обеспечения контрольно-испытательных стендов, сильно подорвал доверие потенциальных покупателей к дизельному приводу колесных транспортных средств (КТС). Теперь в Европе, вообще, и в Германии, в частности, и в первую очередь, возможности преодоления автомобильного дизельного кризиса весьма затруднительны, если вообще достижимы, что усугубляется сложностью систем выпуска дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и их распространенностью в КТС, в особенности — грузовых, но и в легковых тоже.

По данным федерального Министерства транспорта Германии, в частности, в стране по состоянию на 01.01.2018 г. допущено [1] к эксплуатации 46,5 млн легковых автомобилей (с плюсом более 3,5 млн ед. к уровню 2012 г.), 15,2 млн из которых оснащены дизельными ДВС. Из них только

3,8 млн ед. соответствуют современной норме выбросов вредных веществ с отработавшими газами "Евро-6" с 180 мг NO_x/км, еще 5,6 млн ед. — норме "Евро-5". Остальные — более токсичны: до 906 мг NO_x/км. Для устранения этого вопиющего нарушения требований экологической безопасности хотя бы до относительно удовлетворительного уровня 270 мг NO_x/км такими немецкими технологическими компаниями, как Baumot Twintec, HIS, Pley и Oberland-Magold предлагаются мероприятия по переоборудованию систем выпуска КТС с дизелями.

Это — технология селективной каталитической нейтрализации токсичных оксидов азота — продуктов сгорания дизельного топлива с их разложением на неопасные азот и воду, которая успешно реализуется с использованием реагента AdBlue — водного раствора, состоящего из 32,5 % высокоочищенной мочевины и 67,5 % деминерализованной воды, которая с минимальным дооборудованием системы выпуска легковых автомобилей может быть осуществлена добавлением к стандартной штатной компактного модуля впрыска раствора мочевины с жидкостным и фильтрующе-осаждаемым модулями перед



Рис. 1. Система выпуска отработавших газов ДВС

бумажным сажевым фильтром штатной системы выпуска.

Сложности технологической реализации процесса каталитической нейтрализации отработавших газов ДВС, в особенности — дизелей с наиболее токсичными выбросами, устройствами в виде бортовой химической мини-фабрики, без которой использование дизельных ДВС в современных условиях жесткого экологического нормирования просто невозможно, потенциально могут быть устранены альтернативными вариантами организации транспортного топливно-энергетического комплекса.

Их эффективность проанализирована [2] в рамках пилотного проекта членами рабочей группы Исследовательской ассоциации ДВС и приводов на альтернативных источниках энергии из Кельна и Франкфурта-на-Майне. В качестве критерия оптимизации проанализированы технологичность и стоимость различных комбинаций источников энергии и приводов КТС в логистике бесперебойного и экологически чистого дорожного движения будущего. По их заключению электричество как источник энергии для силовых агрегатов КТС может стать конкурентоспособным, несмотря на меньшую энергоэффективность по сравнению с углеводородным топливом и технологические сложности организации всей энергетической цепочки.

Сильным побудительным стимулом по решению этих аспектов проблемы эффективного и экологически чистого автомобильного транспорта является поставленная Евросоюзом цель сокращения выбросов парниковых газов на 80 % к 2050 г. по сравнению с уровнем 1990 г. Некоторые государства-члены этого экономического и политического альянса, такие как Германия,

например, обязались сократить свои выбросы даже на 95 % за тот же период реализации национальной программы электромобилизации. Для достижения этой амбициозной цели, по заключению рабочей группы этой Исследовательской ассоциации, необходима консолидация усилий по созданию эффективного энергетического комплекса электромобилизации с инновационным развитием и совершенствованием электрогенерирующей отрасли, в том числе с повышением доли и эффективности ветро- и солнечногенераторного оборудования водородной топливной энергетики, транспортной и электрозарядной инфраструктуры, и электроприводов КТС. В качестве оптимальных признаны темпы электромобилизации, составляющие 3,4 млн/г. ед. выпуска легкового и 50 тыс./г. грузового подвижного состава на чистой электротяге и размеры инвестиций в сегменты транспортно-энергетического комплекса, составляющие более 1 трлн евро.

Безусловно, адекватность объективной оценки экономических и экологических параметров контролируемых процессов достигается при методическом совершенстве измерительной системы, по максимуму исключающем систематические ошибки, и ее аппаратной реализации, снижающей вероятность и уровень ошибок человеческого фактора. И только после нее могут делаться обоснованные выводы и предприниматься конкретные шаги по реализации тех или иных оптимизационных конструктивно-технологических мероприятий. Правильность этого заключения демонстрируется [3] результатами проведенных немецкими специалистами исследований, например, общей погрешности измерений выбросов вредных веществ на дороге в реальных условиях эксплуатации.

Руководящие указания Директивы Евросоюза по определению выбросов вредных веществ при движении автотранспортных средств в реальных условиях эксплуатации, вступившие в силу с 01.09.2017 г., требуют повышенной степени точности измерения приборами и расчета в имитационных ездовых циклах. В рамках оценки, проведенной в Институте поршневых машин Технологического института в Карлсруэ, проанализировано влияние условий окружающей среды на погрешности измерительных приборов и систем в реальных условиях эксплуатации.

Установлено, что в двухступенчатой процедуре измерения реальных выбросов вредных веществ при движении КТС с определением эталонного значения для данного конкретного автомобиля

транспортного средства с использованием ездового цикла Всемирной гармонизированной процедуры WLTC на динамометрическом стенде с комплексной системой измерения и последующей оценкой расчетных значений на практике наибольшая погрешность может в виде методической ошибки вкратце на первом этапе, тогда как на втором велика вероятность появления субъективной погрешности.

Этот вывод подтвержден результатами нескольких верификаций, проведенных экспертами-испытателями Немецкой ассоциации автомобильной промышленности [4] по анализу выбросов вредных веществ с отработавшими газами ДВС в условиях реальной эксплуатации RDE (Real Driving Emissions) КТС, воспроизводимых на испытательных стендах, оснащенных системой измерений наиболее востребованной системой экологического контроля японской компании Horiba.

В конкурентоспособности того или иного типа привода КТС, наряду с очисткой от токсичных компонентов отработавших газов ДВС, важную роль играет степень использования их энергии и не только кинетической для привода турбины компрессора наддува цилиндров, но и тепловой. Уровень утилизации тепла в легковых и грузовых автомобилях определяет энергоэффективность реализуемых в их ДВС термодинамических циклов преобразования тепловой энергии сгорания топливно-воздушной смеси в кинетическую энергию вращения колесных или гусеничных движителей. Это наглядно демонстрируется [5] результатами исследований температурного менеджмента автомобильного привода.

Классические ДВС автомобильных КТС средств большую часть преобразованной из теплотворной способности бензина или дизельного топлива энергии теряют в виде тепла, отводимого

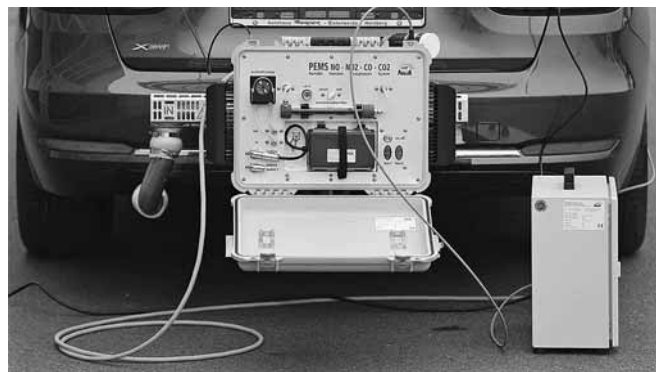


Рис. 2. Стендовые испытания автомобилей по экологической безопасности по процедуре WLTC

теплоносителем системы охлаждения ДВС и с отработавшими газами системы выпуска. Устранить эти непроизводительные потери можно использованием инновационной WHR-системы рекуперации тепловой энергии на основе термодинамического цикла Ренкина. Она разработана коллективами исследователей немецкого концерна Volkswagen и австрийского подразделения отделения грузовых автомобилей и автобусов также немецкого автомобильного концерна MAN. В базовой версии концерна Volkswagen, реализованной на легковом автомобиле VW Golf 7 с двухлитровым ДВС модели TFSI EA888 и 48-вольтовой бортовой электрической сетью, система WHR при электротехнической поддержке превращается в eWHR-систему, в которой ранее терявшееся тепло отбирается этанолом в качестве теплоносителя, превращающего цикл Ренкина в более энергоэффективный — органический.

Эта, теперь уже полезная, а ранее терявшаяся, тепловая энергия с помощью детандера в виде расширительно-генераторного модуля трансформируется в используемую в автомобильной бортовой сети электроэнергию. Низкая эффективность утилизации тепловой энергии отработавших газов устраняется использованием прокачки насосом под давлением 1—3 МПа этанола, нагревающегося до 200—220 °С, испаряющегося и уже технологично использующегося в том же детандере.

Небольшая модификация с доработкой системы питания, системы охлаждения и системы выпуска отработавших газов пока еще обычной WHR-системы, а чуть позже и eWHR-системы позволила подготовить для экспериментальной апробации 24-, 32- и 40-тонные грузовые автомобили MAN. Исследователям еще только предстоит выяснить возможность использования инновационной eWHR-системы на автомобилях, работающих с приводами на таких альтернативных топливах, как сжиженный нефтяной и природный газ.

Не менее, а может быть и более эффективна [6] утилизация тепла в комбинированных энергетических установках электрифицированных гибридных КТС с помощью мер по управлению температурой. По-прежнему существует большой не реализованный до конца потенциал экономии топлива и энергии благодаря оптимизации этого менеджмента. Эффективность различных методов и мер достижения оптимума в нем стали предметом виртуальных исследований технологической компании Eberspacher Climate Control Systems и исследовательского института производственных систем Объединения Fraunhofer.

По их результатам установлена возможность 60 %-го увеличения дальности автономного хода электрифицированных автомобилей на основе улучшенной реализации энергоемкости аккумуляторных батарей за счет оптимизации их температурного менеджмента с 15 %-м снижением потребления топлива/электроэнергии и выбросов вредных веществ, в том числе путем реализации усовершенствованного алгоритма управления функционированием системой вентиляции, отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха в салоне пассажирского транспортного средства.

Высоким до сих пор оказывается потенциал экономии энергии, в том числе тепловой, в электрифицированном автомобиле. Это подтверждается анализом [7], например, система температурного менеджмента электромобиля на основе теплового насоса. В связи с тем что энергоэффективность и, в первую очередь, автономность хода электромобилей напрямую связана с оптимальностью использования для полной отдачи и зарядки энергоемкости аккумуляторных батарей, как и качества воздуха в салоне, нуждающихся в кондиционировании: нагревании зимой и охлаждении летом, основной целью производителей автокомпонентов и автосборщиков является обеспечение надлежащего температурного менеджмента.

Американская корпорация Mahle Behr Трой видит решение этой актуальной проблемы в использовании в контурах циркуляции охлаждающего теплоносителя системы охлаждения силовых агрегатов в виде классического ДВС и гибридного привода и кондиционирования воздуха в пассажирском салоне теплового насоса. Он позволяет снизить нагрузку на аккумуляторную батарею в усовершенствованной конструкции энергосистемы с тепловым насосом на 45–50 % при увеличении запаса автономного хода. В усовершенствованной интегральной бортовой энергосистеме с тепловым насосом Mahle используется усовершенствованная конструкция температурного контроля с так называемым квазихолодильным контуром с хладагентом R-1234yf со сниженным потенциалом глобального потепления, включающим в себя чиллер, охлаждаемый теплоносителем (50 %-ный водный раствор гликоля), конденсатор, тепловой детандер и электроприводный компрессор. По результатам подконтрольных эксплуатационных испытаний на миниэлектромобиле установлено, что при температуре окружающей среды $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ зимой и $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ летом использование

этой инновационной системы температурного менеджмента позволяет до 16 % увеличить запас автономного хода на одной зарядке аккумуляторной батареи.

А модульная система утилизации отработанного тепла с генерированием электрической мощности в электромобиле позволяет с максимальным потенциалом реализовать экологически энергобезопасную и автономную синергетику электропривода. Ее преимущества оценены [8] сотрудниками подразделения Powertrain Штутгарта и Amovis Берлина транснационального поставщика автокомпонентов Mahle в рамках решения этой комплексной проблемы с помощью разработанной ими концепции модульной системы утилизации тепловой и кинетической энергии отработавших газов дизелей в составе комбинированной энергетической установки с генерированием электрической мощности встроенным в систему выпуска инновационным компактным трансформаторным боксом eWHR.

Он представляет собой компактный комплекс шириной около 300 мм, массой 150 кг, состоящий из последовательно соединенных в термодинамический контур компрессора, предохранительного клапана, конденсатора, параллельно встроенного между ними компенсаторного резервуара, сглаживающего импульсы давления, расширительного вентиля-детандера и турбины генератора электроэнергии.

Несмотря на активные попытки замещения ДВС в приводах массовых КТС электрифицированными силовыми агрегатами, тепловые агрегаты продолжают оставаться конкурентоспособ-



Рис. 3. Конструктивно-технологическая реализация системы утилизации тепловой энергии в приводе автомобиля

ными и совершенствуются. Различные реализации оптимизационных мероприятий основаны, в первую очередь, на стремлении достижения теоретически желательного соблюдения стехиометрического режима работы ДВС с коэффициентом избытка воздуха $\lambda = 1$. При ней обеспечивается формирование полноценной стехиометрической топливно-воздушной смеси, в идеале состоящей из 14,7 кг воздуха и 1 кг бензина и способной при полноценном окислении полностью сгореть в цилиндрах ДВС.

Правда, в реальном ДВС не все так гладко, как в теории. Даже при сжигании стехиометрической топливно-воздушной смеси в отработавших газах присутствуют опасные угарный газ — СО (до 0,7 %) и углеводороды — СН разных валентных сочетаний (до 0,2 %). А на режимах с высокими температурами могут появиться и токсичные оксиды азота NO_x — около 0,1 %. С этими дозами ядовитых выбросов трехкомпонентный каталитический нейтрализатор справляется [9] практически на 100 %, это — его штатный режим работы.

Первые два он доокислит (дожжет), а оксиды NO_x восстановит до безвредного азота. В бензиновых ДВС обогащение смеси в настоящее время все еще используется для защиты компонентов при более высоких нагрузках и скоростях, чтобы ограничить максимальную температуру отработавших газов и, таким образом, избежать тепловой перегрузки. Для оптимального решения всех проблем, возникающих в ДВС при сгорании в его цилиндрах реальных топливно-воздушных смесей немецкая энергомашиностроительная компания Mahle предлагает использовать комплексный подход, конструктивно-технологически реализуемый усовершенствованием режимов работы выпускных клапанов цилиндров ДВС, ответственных за тепловую функциональность. В модуле, состоящем из тарелки, седла, стержня и направляющих, подверженных сложным механическим, трибологическим и тепловым процессам нагружения, энергоэффективно реализуется тепловая энергия газовых потоков.

Кроме того, не прекращаются [10] попытки использования преимуществ альтернативного топлива приводов экологически чистых грузовых автомобилей. По результатам аналитического и анкетного опросного исследования немецкой консалтинговой фирмы Fourmanagement, проведенного в транспортных предприятиях Германии с более 740 000 ед. подвижного состава КТС с допустимой полной массой более 3,5 т, установлено, что из 42 500 ед., поступивших в эксплуатацию с 2017 г., 25 000 ед. — главным образом, с допу-

стимой полной массой более 12 т и 96 % из них — с дизельным приводом. Около 32 500 ед. грузового подвижного состава оснащены газодизелями на сжатом (15 600 ед.), сжиженном (12 350 ед.) природном газе и приводами на гибридной и чистой электротяге (4550 ед.). На основе этой статистики оценивается отношение транспортных предпринимателей и инфраструктурная обеспеченность реализации концепции правительства Германии по электрификации транспортного процесса.

Эти и другие исследования и разработки свидетельствуют о непрекращающихся поисках способов практической реализации энергоэффективных и экологически безопасных приводов КТС с традиционными ДВС и силовыми агрегатами на альтернативных источниках энергии, среди которых наиболее приемлемыми, как показывают результаты исследований, оказываются электрифицированные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Schwarzer C. M.** Frischezellenkur mit Papieren // AMZ: Auto, Mot., Zubehör. — 2019. — Vol. 107, No. 3. — P. 20–23.
2. **Kramer U., Goericke D., Thee R.** Energiepfade für den Straßenverkehr der Zukunft // MTZ: Motortechn. Z. — 2019. — Vol. 80, No. 5. — P. 18–25.
3. **Appel D., Wagner U., Koch T.** Untersuchung zum Gesamtfehler bei Emissionsmessungen auf der Straße // MTZ: Motortechn. Z. — 2019. — Vol. 80, No. 5. — P. 66–72.
4. **Schröder, M., Baltés N., Danzer, J.** Potenzial von Prüfstandsmessungen unter RDE-Anforderungen // Motortechnische Zeitschrift. — 2017. — Vol. 78, No. 6. — P. 32–40.
5. **Carstensen A., Horn A., Klammer J., Gockel J.** Waste Heat Recovery im Pkw und Lkw // MTZ: Motortechn. Z. — 2019. — Vol. 80, No. 4. — P. 52–59.
6. **Eberspach G., Eger J., Fischer T., Burgert T.** Reichweitensteigerung bei Plug-in-Hybriden durch Thermomanagementmaßnahmen // ATZ: Automobiltechn. Z. — 2019. — Vol. 121, No. 3. — P. 62–67.
7. **Chowdhury S., Leitzel L., Zima M.** Thermomanagementsystem für E-Fahrzeuge mit kühlmittelbasierter Wärmepumpe. — P. 52–53, 56. — нем. // ATZ: Automobiltechnische Zeitschrift. — 2019. — Vol. 121, No. 5. — P. 52–57.
8. **Marlok H., Pfeifer A., Hötger M., Bucher M.** Modulares Abwärmerückgewinnung System mit elektrischer Leistungsabgabe // ATZ heavyduty. — 2019. — No. 2. — P. 32–36.
9. **Puck A., Müller A., Luven C., Beerens C.** Zukünftige Anforderungen an die Baugruppe Motorventil // MTZ: Motortechn. Z. — 2019. — Vol. 80, No. 5. — P. 54–59.
10. **Alternative Kraftstoffe für Lkw. Hürden überwinden — Chancen für "Grüne Lkw" nutzen // ew: Elektrizitätswirt. — 2019. — Vol. 118, No. 4. — P. 12–13.**

БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 351.81

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

ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В настоящей статье мы поговорим об ограничениях при выполнении работ по обеспечению транспортной безопасности для людей, которые собираются заниматься данной деятельностью, а также затронем проблемы, с которыми сталкивается работодатель при приеме на работу таких лиц.

Ключевые слова: транспортная безопасность, автомобильный транспорт, 16-ФЗ, прием на работу, защита объектов транспорта.

In this article, we will talk about the restrictions when performing work to ensure transport safety for people who are going to engage in this activity, as well as address the problems faced by the employer when hiring such persons.

Keywords: transport safety, automobile transport, 16-FZ, employment, protection of transport objects.

Защита автотранспортного предприятия и обеспечение безопасности его объектов — одна из приоритетных задач его стабильного функционирования. В эру развития информационных и иных технологий это приобретает особую актуальность, ведь методы борьбы с правонарушениями не должны отставать от способов совершения актов незаконного вмешательства в деятельность такого предприятия.

В последние годы в России и за рубежом особую остроту приобрели вопросы обеспечения транспортной безопасности. В первую очередь это вызвано увеличением количества актов незаконного вмешательства в деятельность предприятий транспорта, в том числе террористических

актов, возрастанием масштабов их последствий (количество жертв и пострадавших, размеры материального ущерба и пр.) и расширением набора способов, с использованием которых совершаются подобные противоправные деяния.

Интенсификация транспортной отрасли, эволюционное развитие транспортных систем ставят новые задачи в вопросах транспортной безопасности. Чем более сложные системы создаются человечеством, увеличиваются скорости передвижения, пассажиро- и грузопотоки, тем более сложные проблемы приходится решать в области обеспечения транспортной безопасности [1].

Обеспечение транспортной безопасности (ОТБ) согласно Федеральному закону от 09.02.2007 № 16-ФЗ является реализацией определяемой государством системы правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства.

Целями ОТБ в соответствии все с тем же 16-ФЗ являются устойчивое и безопасное функционирование транспортного комплекса, защита интересов личности, общества и государства в сфере транспортного комплекса от актов незаконного вмешательства.

Воплощать в жизнь цели ОТБ, провозглашенные государством, призваны силы ОТБ — лица, ответственные за ОТБ в субъекте транспортной инфраструктуры, на объекте транспортной инфраструктуры, транспортном средстве, включая



МУП «Краснокаменское автотранспортное предприятие»



Защита объектов ГУП "Мосгортранс"

персонал субъекта транспортной инфраструктуры или подразделения транспортной безопасности, непосредственно связанный с ОТБ объектов транспортной инфраструктуры или транспортных средств.

Однако попасть в категорию сил ОТБ автотранспортного предприятия и стать важным элементом его системы защиты может далеко не каждый желающий человек!

Поговорим об ограничениях при выполнении работ по ОТБ для людей, которые собираются заниматься данной деятельностью, а также затронем проблемы, с которыми сталкивается работодатель при приеме на работу таких лиц.

Основные ограничения установлены 16-ФЗ в статье 10 и кроме личного желания выполнять работы по защите транспортного комплекса и необходимости удовлетворить все субъективные интересы работодателя, важно в первую очередь соответствовать всем указанным требованиям федерального законодательства.

Работы, непосредственно связанные с обеспечением транспортной безопасности, НЕ ВПРАВЕ выполнять лица:

1) имеющие непогашенную или неснятую судимость за совершение умышленного преступления.

В соответствии со ст. 25 УК РФ преступление считается совершенным умышленно, если оно совершено с прямым или косвенным умыслом. При этом преступление признается совершенным с прямым умыслом, если лицо осознавало общественную опасность своих действий (бездействия), предвидело возможность или неизбежность наступления общественно опасных последствий и желало их наступления. В свою очередь, преступление признается совершенным с косвенным умыслом, если лицо осознавало общественную

опасность своих действий (бездействия), предвидело возможность наступления общественно опасных последствий, не желало, но сознательно допускало эти последствия либо относилось к ним безразлично.

Данное ограничение не распространяется на лиц, осужденных за совершение неосторожного преступления, т. е. с формой вины в виде преступной небрежности и самонадеянности (ст. 26 УК РФ). Также судимость может быть погашена или снята с лица, ранее совершившего умышленное преступление.

Документ, подтверждающий наличие (отсутствие) судимости и (или) факта уголовного преследования либо о прекращении уголовного преследования, выдается в соответствии с приказом МВД РФ от 07.11.2011 № 1121 "Об утверждении Административного регламента МВД РФ по предоставлению государственной услуги по выдаче справок о наличии (отсутствии) судимости и (или) факта уголовного преследования либо о прекращении уголовного преследования";

2) страдающие психическими заболеваниями, алкоголизмом, наркоманией, токсикоманией, до прекращения в отношении этих лиц диспансерного наблюдения в связи с выздоровлением или стойкой ремиссией.

В соответствии со ст. 27 Закона РФ от 02.07.1992 № 3185-1 "О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее оказании" диспансерному наблюдению подлежат лица, страдающие хроническими и затяжными психическими расстройствами с тяжелыми стойкими или часто обостряющимися болезненными проявлениями. В соответствии с требованиями ч. 2 указанной статьи решение вопросов о необходимости установления диспансерного наблюдения или о его прекраще-



Защита объектов ГУП "Мосгортранс"

нии принимается комиссией врачей-психиатров, назначенной руководителем медицинской организации, оказывающей психиатрическую помощь в амбулаторных условиях, или комиссией врачей-психиатров, назначенной органом исполнительной власти субъекта РФ в сфере здравоохранения. При этом ч. 4 ст. 27 приведенного закона предусматривает положение, в соответствии с которым установленное ранее диспансерное наблюдение прекращается при выздоровлении или значительном и стойком улучшении психического состояния лица.

В письме Минздрава России от 11.12.2015 № 12-3/4203 "О сроках действия справки и медицинского заключения" обращается внимание на то, что документ, подтверждающий соответствие кадрового состава требованиям ст. 10 ФЗ-16 в части отсутствия диспансерного наблюдения в связи с наличием психического заболевания, алкоголизма, наркомании, токсикомании, действующим законодательством не определен;

3) досрочно прекратившие полномочия по государственной должности или уволенные с государственной службы, в том числе из правоохранительных органов, органов прокуратуры или судебных органов, по основаниям, которые в соответствии с законодательством РФ связаны с совершением дисциплинарного проступка, грубым или систематическим нарушением дисциплины, совершением проступка, порочащего честь государственного служащего, утратой доверия к нему, если после такого досрочного прекращения полномочий или такого увольнения прошло менее чем три года.

При этом увольнение или прекращение полномочий должно быть осуществлено по основаниям, связанным с:

а) совершением дисциплинарного проступка — в соответствии со ст. 192 ТК РФ, ст. 57-ФЗ "О государственной гражданской службе РФ", ст. 28-ФЗ "О Следственном комитете РФ" под дисциплинарным проступком понимается неисполнение или ненадлежащее исполнение работником (служащим) по его вине возложенных на него трудовых (служебных) обязанностей.

б) грубым или систематическим нарушением дисциплины.

Под грубым нарушением дисциплины в соответствии с ч. 3 ст. 37-ФЗ "О государственной гражданской службе РФ" следует понимать:

— прогул (отсутствие на служебном месте без уважительных причин более четырех часов подряд в течение служебного дня);

— появление на службе в состоянии алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения;

— разглашение сведений, составляющих государственную и иную охраняемую федеральным законом тайну, и служебной информации, ставших известными гражданскому служащему в связи с исполнением им должностных обязанностей;

— совершение по месту службы хищения (в том числе мелкого) чужого имущества, растраты, умышленного уничтожения или повреждения такого имущества, установленных вступившим в законную силу приговором суда или постановлением органа, уполномоченного рассматривать дела об административных правонарушениях;

— нарушение гражданским служащим требований охраны профессиональной служебной деятельности (охраны труда), если это нарушение повлекло за собой тяжкие последствия (несчастный случай на службе, аварию, катастрофу) либо заведомо создавало реальную угрозу наступления таких последствий.

в) совершением проступка, порочащего честь государственного служащего;

г) утратой доверия к гражданскому служащему;

4) в отношении которых по результатам проверки, проведенной в соответствии с Федеральным законом от 07.02.2011 № 3-ФЗ "О полиции", имеется заключение органов внутренних дел о невозможности допуска к выполнению работ, непосредственно связанных с ОТБ.

В соответствии с Порядком выдачи органами внутренних дел РФ заключения о возможности (заключения о невозможности) допуска лиц к выполнению работ, непосредственно связанных с ОТБ, утв. приказом МВД России от 21.12.2015



Защита объектов ГУП "Мосгортранс"

№ 1203, для получения заключения субъект транспортной инфраструктуры или орган аттестации направляет в территориальный орган МВД РФ письменный запрос с указанием в нем реквизитов, идентифицирующих автора письменного запроса, к которому прилагается информация о лицах, в отношении которых требуется выдача заключения.

Заключение подписывается начальником (заместителем начальника) территориального органа МВД РФ, осуществляющего выдачу заключения, в двух экземплярах и заверяется гербовой печатью. Выдача (направление) заключения осуществляется в срок не более 30 дней со дня регистрации письменного обращения заявителя в территориальном органе МВД РФ, осуществляющего выдачу заключения;

5) внесенные в перечень организаций и физических лиц, в отношении которых имеются сведения об их причастности к экстремистской деятельности или терроризму, в соответствии с Федеральным законом от 07.08.2001 № 115-ФЗ "О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма".

Основаниями для включения физического лица в данный перечень являются:

— процессуальное решение о признании лица подозреваемым и/или постановление следователя о привлечении лица в качестве обвиняемого и/или вступивший в законную силу приговор суда РФ о признании лица виновным в совершении хотя бы одного из преступлений, предусмотренных ст. 205, 205.1, 205.2, 205.3, 205.4, 205.5, 206, 208, 211, 220, 221, 277, 278, 279, 280, 282, 282.1, 282.2 и 360 УК РФ;

— вступившее в законную силу постановление о назначении административного наказания за совершение административного правонарушения, предусмотренного ст. 15.27.1 КоАП РФ;

— признаваемые в РФ в соответствии с международными договорами РФ и федеральными законами приговоры или решения судов и решения иных компетентных органов иностранных государств в отношении физических лиц, осуществляющих террористическую деятельность;

б) сообщившие заведомо ложные сведения о себе при приеме на работу, непосредственно связанную с ОТБ.

Заведомо ложными следует признать сведения, которые не соответствуют действительности, о чем лицу должно быть известно. Такие сведения могут содержаться в одном или нескольких до-

кументах, предусмотренных Перечнем документов, представляемых в целях проверки субъектом транспортной инфраструктуры сведений, в отношении лиц, принимаемых на работу, непосредственно связанную с ОТБ, или выполняющих такую работу, утв. приказом Минтранса России от 18.04.2016 № 104;

7) не прошедшие в порядке, установленном Федеральным законом № 16-ФЗ, подготовку и аттестацию сил ОТБ.

Аттестация сил ОТБ предполагает установление соответствия знаний, умений, навыков сил ОТБ, личностных (психофизиологических) качеств, уровня физической подготовки отдельных категорий лиц, ответственных за ОТБ, требованиям законодательства РФ о транспортной безопасности в целях принятия субъектом транспортной инфраструктуры решения о допуске (невозможности допуска) таких лиц к выполнению работы, непосредственно связанной с ОТБ, либо об отстранении от выполнения такой работы.

Вопросу профессиональной квалификации лиц, выполняющих работы, непосредственно связанные с ОТБ, в последнее время уделяется все большее внимание. И это объяснимо в силу необходимости совершенствования или получения новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности по исполнению требований законодательства по транспортной безопасности, в том числе антитеррористической защищенности.

Требует отдельного внимания вопрос гармонизации законодательства в сфере аттестации сил ОТБ и трудового законодательства [2]. Немалый резонанс среди представителей транспортной отрасли вызывает вопрос противоречия требований по аттестации сил ОТБ с установленным государством образовательным процессом.



Защита объектов ГУП "Мосгортранс"

Слушателями дополнительных профессиональных программ могут быть лица, имеющие или получающие среднее профессиональное и/или высшее образование. На практике в составе сил ОТБ большое количество работников, которые имеют среднее, а порой и неполное среднее образование и это не только водители, но работники, осуществляющие досмотровые мероприятия на крупных объектах транспортной инфраструктуры [3];

8) *подвергнутые административному наказанию за потребление наркотических средств или психотропных веществ без назначения врача либо новых потенциально опасных психоактивных веществ, до окончания срока, в течение которого лицо считается подвергнутым административному наказанию.*

Административная ответственность за указанное деяние наступает в соответствии со следующими статьями КоАП РФ:

— ст. 6.9 КоАП РФ, которая предусматривает ответственность за потребление наркотических средств или психотропных веществ без назначения врача либо новых потенциально опасных психоактивных веществ, либо невыполнение законного требования уполномоченного должностного лица о прохождении медицинского освидетельствования на состояние опьянения гражданином, в отношении которого имеются достаточные основания полагать, что он потребил наркотические средства или психотропные вещества без назначения врача либо новые потенциально опасные психоактивные вещества;

— ч. 2 ст. 20.20 КоАП РФ, в диспозиции которой закрепляется противоправное деяние, выражающееся в потреблении наркотических средств или психотропных веществ без назначения врача, новых потенциально опасных психоактивных веществ или одурманивающих веществ на улицах, стадионах, в скверах, парках, в транспортном средстве общего пользования, а также в других общественных местах либо невыполнение законного требования уполномоченного должностного лица о прохождении медицинского освидетельствования на состояние опьянения гражданином, в отношении которого имеются достаточные основания полагать, что он потребил наркотические средства или психотропные

вещества без назначения врача, новые потенциально опасные психоактивные вещества или одурманивающие вещества на улице, стадионе, в сквере, парке, в транспортном средстве общего пользования, а также в другом общественном месте.

Главное — безопасность!

Исходя из вышесказанного, мы видим, что перечень ограничений для лиц, принимаемых на работу по ОТБ, весьма внушителен! При этом отсутствие всех ограничений вовсе не гарантирует получение желаемой должности, ведь каждое предприятие может устанавливать дополнительные требования к кандидатам, не говоря уже о прохождении личного собеседования.

Анализ национальных интересов России, включая интересы ее национальной безопасности, указывает на особую роль транспортного комплекса и транспортной безопасности в их обеспечении. Эта роль обусловлена наличием задач государственной важности, необходимым условием решения которых является устойчивая, эффективная и безопасная работа транспортного комплекса, его опережающее, по сравнению с другими отраслями экономики, развитие [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Голубкина К. В., Абрамян С. К.** Проблемы в сфере реализации транспортной безопасности // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. — 2017. — С. 47—49.
2. **Тушко И. С.** Транспортная безопасность на городском дорожном транспорте. Проблематика и пути решения // Транспортное право и безопасность. — 2020. — № 1(33) — С. 58—67.
3. **Свешников А. Н.** Актуальные проблемы подготовки и аттестации сил обеспечения транспортной безопасности: проблемы и пути их решения // Доклад VII Международного форума "Безопасность на транспорте". 2017.
4. **Мышко Ф. Г., Целуйко А. В.** Транспортная безопасность // Вестник Московского университета МВД России — 2013. — № 12 — С. 124 — 125.

СИСТЕМА PREDICTIVE POWERTRAIN CONTROL ОТ MERCEDES-BENZ

Расход топлива грузовых автомобилей Mercedes-Benz большой грузоподъемности неуклонно снижается. Например, новый Actros расходует на основных автомагистралях и шоссе на 3 % меньше дизельного топлива чем его предшественник, который уже был чрезвычайно экономным. На загородных дорогах экономия топлива может достигать 5 %. Один из основных секретов такой экономии — оптимизация круиз-контроля, управления трансмиссией и двигателем с помощью еще более усовершенствованной системы прудентного управления силовой линией — Predictive Powertrain Control (PPC). О том, как работает эта "умная" система, и как ей пользоваться, рассказывает профессор, доктор наук **Уве Бааке**, директор по развитию продукта грузового подразделения Mercedes-Benz.

Ключевые слова: расход топлива, грузовой автомобиль, круиз-контроль, "умная" система, водитель, минимальная дистанция.

The fuel consumption of heavy-duty Mercedes-Benz trucks is steadily decreasing. For example, the new Actros spends 3 % less diesel fuel on major motorways and highways than its predecessor, which was already extremely fuel efficient. On country roads, fuel economy can reach 5 %. One of the key secrets of such savings is the optimization of cruise control, transmission and engine control with the help of an even more advanced system of prudent control of the power line — Predictive Powertrain Control (PPC). About how this "smart" system works and how to use it, says Professor, Doctor of Sciences Uwe Baake, Director of Product Development of the truck division of Mercedes-Benz.

Keywords: fuel consumption, truck, cruise control, smart system, driver, minimum distance.

— Для чего нужна PPC?

— Общее назначение PPC заключается в экономии грузовиком как можно больше топлива и в максимальной поддержке водителя. Система автоматически учитывает топографию, направление дорог и дорожные знаки. Это позволяет избежать ненужных торможений, ускорений и переключений передач, таким образом, топливо используется оптимальным образом. PPC зачастую



Уве Бааке, директор по развитию грузового подразделения Mercedes-Benz

управляет грузовиком более экономично чем профессиональный водитель, даже если последний отлично знает маршрут и особенности автомобиля.

— Сколько топлива может экономить PPC?

— Система умного круиз-контроля и управления трансмиссией в среднем экономит до 5 % топлива по сравнению с автомобилями без PPC. В последний раз система была в очередной раз улучшена, когда вышел новый Actros. Она "обзавелась" двумя явными преимуществами: во-первых, PPC обеспечивает экономию топлива даже на проселочных дорогах и загородных маршрутах до 5 %. Во-вторых, была дополнительно улучшена работа системы на шоссе и основных автомагистралях. Использование одной лишь новой PPC может обеспечить дополнительное снижение расхода топлива на 1,5 % по сравнению с предыдущей версией.

— Откуда PPC берет информацию?

— Система "знает" более 95 % всех европейских проселочных дорог и магистралей. Она связывает текущие GPS-сведения о точном местоположении грузовика с сохраненными 3D-картами, таким образом, рассчитывая своего рода "электронный горизонт", под который затем автоматически подстраивается стиль управления грузовиком. PPC рассчитывает направление и топографию дороги, чтобы благо-

временно распланировать переключения передач и упреждающе скорректировать скорость посредством круиз-контроля. В то же время система постоянно использует информацию системы контроля дистанции Proximity Control Assist, дабы при экономичном управлении силовой линией учитывать "поведение" автомобилей впереди.

— Как PPC работает на шоссе и основных автомагистралях?

— Посредством ряда "умных" приемов PPC снижает расход топлива на шоссе и основных автомагистралях, например, система постоянно оптимизирует режим автоматической трансмиссии EcoRoll, чтобы наилучшим способом использовать кинетическую энергию автомобиля. Если грузовик может вскоре достигнуть установленной круиз-контролем скорости просто накатом, система обходится без использования ускорения. Система "умного" круиз-контроля и управления трансмиссией использует силу инерции также при движении под гору, автоматически корректируя скорость. Система увеличивает установленную круиз-контролем скорость (верхний гистерезис) максимум на 40 с, чтобы дать грузовику воспользоваться инерцией на последующем подъеме в гору. Перед отрезком дороги под гору PPC выбирает передачу, которая обеспечит оптимальное использование непрерывного тормоза, тем самым снижая нагрузку на рабочий тормоз, что в особенности актуально для тяжелых грузовиков при движении под гору. Перед отрезком пути в гору система автоматически принимает решение о понижении передачи. В конце подъема мощность вновь корректируется, так как PPC умеет заранее, до достижения вершины



Грузовой автомобиль Mercedes-Benz Actros, оснащенный системой Predictive Powertrain Control

холма определять, достаточно ли скорость грузовика для переезда через вершины. Если достаточно, система разрешает временное снижение скорости ниже установленной круиз-контролем.

— Как PPC и Proximity Control Assist работают вместе?

— Благодаря новому, упреждающему управлению расстоянием, PPC оптимизирует работу автомобиля при активизированном автономном круиз-контроле. Система видит автомобиль впереди и учитывает его при расчете будущих фаз езды накатом. Это означает, что PPC может оптимально запланировать переключения передач и изменение скорости для наилучшего использования инерции автомобиля. Например, система обеспечивает грузовику возможность заблаговременно сбросить скорость, если впереди идущий автомобиль вынуждает его замедлиться.

— Как PPC работает на загородных дорогах?

— "Умные" механизмы работы PPC на шоссе и автомагистралях теперь, с момента выхода нового Actros, могут применяться и на загородных дорогах. Система не только учитывает уклоны, вершины холмов и спуски, но и следит за радиусами поворотов, ограничениями скорости и правилами движения на перекрестках. До сих пор ездить по проселочным дорогам с круиз-контролем не рекомендовалось, потому что было слишком много различных дорожных ситуаций, требовавших вмешательства водителя. Теперь же, благодаря новым усовершенствованиям PPC, водители могут использовать круиз-контроль и на этих дорогах — несомненное улучшение комфорта вождения, снижающее как стресс, так и расход топлива — до 5 %. Благодаря высокоточным картам PPC "знает" ждущие впереди ограничения скорости и такие особенности маршрута, как повороты, кольцевые развязки и перекрестки, а также учитывает указатели остановки и знаки "Уступи дорогу". Даже если водитель еще сам не видит их, система переводит автомобиль в режим движения накатом, чтобы сэкономить максимум энергии, или упреждительно корректирует скорость и выбор передачи так, чтобы снизить расход топлива до минимально возможного.

— Как видит работу PPC водитель?

— На новых Actros и Arocs PPC активируется автоматически, как только водитель с помощью кнопок с левой стороны руля активирует круиз-контроль или адаптивный круиз-контроль, и грузовик достигает скорости 15 км/ч. На основном дисплее появляется белый символ PPC. Если система активно контролирует силовую линию,

цвет символа меняется на зеленый. Помимо этого, графические средства предупреждают о таких событиях впереди, как повороты, кольцевые развязки, перекрестки, а также ограничения скорости.

— Как управлять РРС?

— РРС включается автоматически, когда водитель с помощью кнопок с левой стороны руля активирует круиз-контроль или адаптивный круиз-контроль. После этого водитель может использовать меню "Системы" (Systems), чтобы настроить верхний допуск по скорости для езды накатом в диапазоне от 2 до 15 км/ч в зависимости от выбранной программы. Нижний допуск по скорости для езды накатом варьируется от -1 до -10 км/ч. Водитель также может в меню "Настройки круиз-контроля" (Cruise control settings) установить скорость, при которой РРС должна начать корректировку скорости для поворота. Здесь также можно настроить езду накатом при приближении к таким элементам маршрута, как указатели остановки и знаки "Уступи дорогу". Для РРС также важны настройки системы Proximity Control Assist: при запуске двигателя среднее базовое расстояние задается автоматически. Водитель может затем в 5 этапов установить то расстояние, которое ему

необходимо, но при этом должен всегда соблюдать минимальную требуемую по закону дистанцию до впереди идущего автомобиля.

— Как водителю отключить РРС?

— РРС включается автоматически, как только активируется круиз-контроль и устанавливается необходимый видимый горизонт; подтверждение водителя не требуется. Если водитель не согласен с выбранной РРС скоростью, он может в любое время отменить ее, например, с помощью ускорения или использования педали тормоза. У него также есть возможность полностью отключить РРС в меню "Настройки РРС" (PPC settings) на вспомогательном дисплее мультимедийной панели управления.

— Для каких грузовых автомобилей доступна РРС?

— РРС доступна для большинства конфигураций новых Actros и Agocs. Последними автомобилями, дополненными программой РРС, стали грузовики большой грузоподъемности до 120 т, полноприводные грузовики и модели с системой Hydraulic Auxiliary Drive (HAD).

www.media.daimler.com

Автоэвакуаторы на шасси КАМАЗ для Московской области

Партия новых автоэвакуаторов GA2784 на шасси КАМАЗ-65801 поставлена в адрес АО "Мострансавто". Пять автоэвакуаторов марки "Чайка-Сервис 2784GA" на шасси КАМАЗ-65801 были разработаны и произведены совместно с официальным партнером ПАО "КАМАЗ" — ООО "Чайка-НН" по заказу Министерства транспорта и дорожной инфраструктуры Московской области. Спецтехника будет задействована в эвакуации тяжелой транспортной техники, в том числе автобусов на дорогах Московской области, и будет обслуживать 17 филиалов АО "Мострансавто". Эвакуаторы такого типа в народе носят название "полупогрузы", так как буксировка осуществляется методом частичной погрузкой тяжелого транспортного средства за переднюю (или заднюю) ось. Также с помощью специальных с-образных захватов возможна эвакуация автобусов непосредственно за колеса. В случае с автобусом эвакуация за колеса возможна как за переднюю, так и за заднюю ось.

В качестве базы для автомобиля выбрано шасси КАМАЗ-65801 с колесной формулой 8×4, полной массой 50 т. Спецавтомобиль оснащен двигателем Daimler OM457LA 428 л.с., механической коробкой передач ZF.

Тяжелый эвакуатор с частичной погрузкой 2784GA на шасси КАМАЗ-65801 создан для эвакуации тяжелой техники и имеет грузоподъемность стрелы 10 т. Основной элемент конструкции эвакуатора — стрела, при помощи которой осуществляется подъем оси эвакуируемого автомобиля и транспортировка методом частичной погрузки.

Автомобиль оборудован грузоподъемной трехсекционной телескопической стрелой с поворотным подхватом. Минимальный вылет стрелы — 1525 мм. Максимальный вылет стрелы — 3400 мм. Угол поворота подхвата — 60° в каждую сторону. В задней части автомобиля установлены ауриггеры, оборудованные поворотными опорными площадками с фиксаторами для твердого и рыхлого типа опорной поверхности. На заднем торце установлена камера заднего вида в пыле- и влагозащищенном корпусе.

Закупка эвакуаторов осуществлена в лизинг в рамках государственного контракта, заключенного между министерством транспорта и дорожной инфраструктуры Московской области и АО "Сбербанк Лизинг".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК 621.86

DOI: 10.36652/2073-8323-2020-19-9-41-46

Д. В. Глазунов, канд. техн. наук, e-mail: glazunovdm@yandex.ru, Ростовский ГУ путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

В статье описана и схематично сформирована современная комплексная классификация подъемно-транспортных машин. Иллюстрационно представлены основные виды современных конструкций подъемно-транспортных машин. Приведена методика расчета коэффициентов сходимости и использования сменного режима оборудования подъемно-транспортных машин.

Ключевые слова: подъемно-транспортные машины, краны, грузоподъемные машины, подъемники, конвейер, промышленные роботы, коэффициент сменности, коэффициент, коэффициент использования сменного режима.

The article describes and schematically formed a modern complex classification of lifting and transport vehicles. The main types of modern structures of lifting and transport vehicles are illustrated. The method of calculating the convergence coefficients and the use of changeable mode of equipment for lifting and transport vehicles is given.

Keyword: lifting and transport machines, cranes, lifting machines, lifts, conveyors, industrial robots, shift ratio, coefficient, coefficient of use of the shift mode.

Современные поточные технологические и автоматизированные линии, межцеховой и внутрицеховой транспорт требуют применения разнообразных типов подъемно-транспортных машин и механизмов, обеспечивающих непрерывность и ритмичность производственных процессов. Именно поэтому подъемно-транспортное оборудование в настоящее время играет уже не вспомогательную роль в производственном процессе, а превращается в один из основных решающих факторов, определяющих эффективность современного производства. Насыщенность производства средствами механизации трудоемких и тяжелых работ, уровень механизации технологического процесса определяют собой степень совершенства технологического процесса. Правильный выбор подъемно-транспортного оборудования является решающим фактором нормальной работы и высокой продуктивности производства. Нельзя обеспечить его устойчивый ритм на современной ступени интенсификации без согласованной и безотказной работы современных средств механизации внутрицехового и межцехового транспортирования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на всех стадиях обработки и складирования. Современные высокопроизводительные грузоподъемные и транспортирующие машины, работающие с большими скоростями и обладающие высокой грузоподъемностью, являются

результатом постепенного развития этих машин в течение долгого времени.

Поэтому с развитием подъемно-транспортного машиностроения формирование, надстройка и модернизация иерархической структуры подъемно-транспортных машин является актуальным и позволяет наглядно определить нужность проектируемой машины в конкретной области ее применения. Статья посвящена попытке структурировать основные виды подъемно-транспортных машин в комплексную классификацию на основе опыта предшествующих работ [1–3]. Классификация основных видов конструкций грузоподъемных, транспортирующих и погрузочно-разгрузочных машин представлены на рис. 1. Подробное описание устройства и принципа действия данных видов машин рассмотрено в работах [4–6].

Рассмотрим основные виды подъемно-транспортных машин. По принципу действия подъемно-транспортные машины можно классифицировать на машины циклического и непрерывного действия. К подъемно-транспортным машинам циклического действия относятся грузоподъемные машины и механизмы. К подъемно-транспортным машинам непрерывного действия относятся транспортирующие машины. А конструкции погрузочно-разгрузочных машин относятся как к машинам циклического, так и непрерывного действия.

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

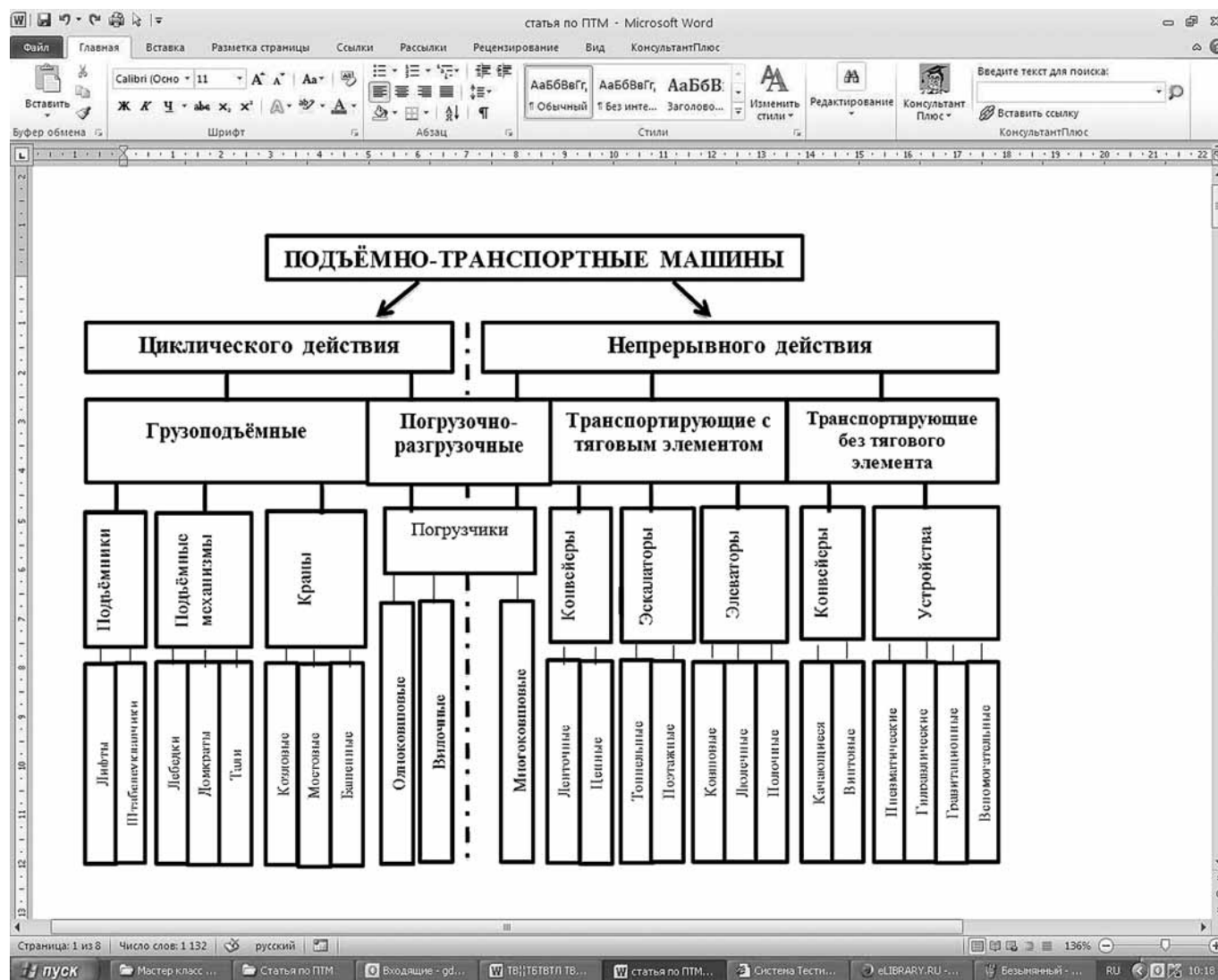


Рис. 1. Классификация подъемно-транспортных машин

Грузоподъемные машины и механизмы предназначены для перемещения грузов и людей по вертикали и передачи их из одной точки площади, обслуживаемой машиной, в другую. Конструкции этих машин разнообразны. Их можно классифицировать по конструктивным признакам, по назначению, по характеру выполняемой работы [7]. На рис. 2 представлены виды конструкций грузоподъемных машин: штабелюкладчика (рис. 2, а) [8], лифта (рис. 2, б) [9] и тали (рис. 2, в), подъемники и подъемные механизмы [10].

На рис. 3 представлены виды конструкций грузоподъемных машин: козлового крана (рис. 3, а) [11–12], башенного крана (рис. 3, б) [13] и мостового крана (рис. 3, в) [14–15].

Еще одним видом подъемно-транспортных машин непрерывного действия являются транспортирующие машины. В отличие от грузоподъемных машин, которые перемещают грузы определенными порциями и обратно без груза возвращаются за новой порцией груза, транспортирующие машины — это конвейеры, предназначенные для перемещения грузов непрерывным потоком без остановок для их загрузки и разгрузки. Конвейеры предназначены для работы с массовыми грузами, т. е. грузами, состоящими из большого числа однородных частиц или кусков, или штучными грузами, перемещаемыми в большом количестве. Все машины непрерывного транспорта можно разделить на две группы: транспортирующие машины с тяговым элементом

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

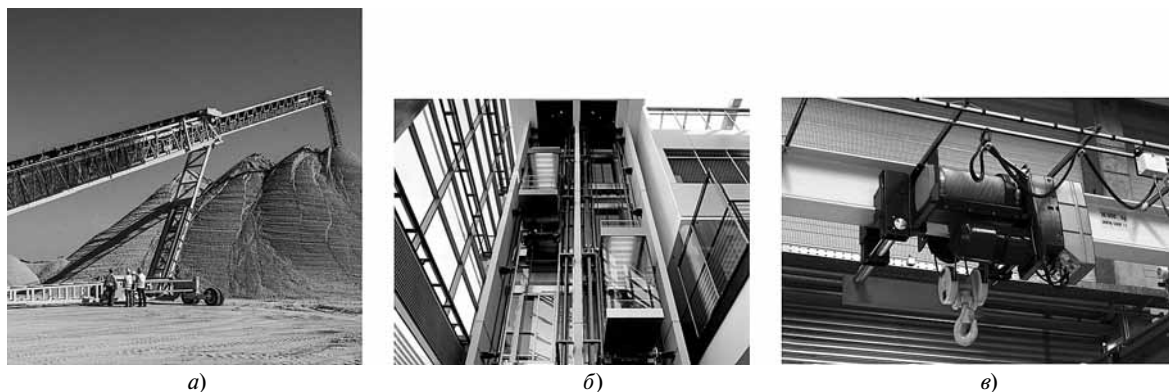


Рис. 2 Конструкции грузоподъемных машин (подъемники и подъемные механизмы):

a — штабелекладчик; *б* — лифт; *в* — таль (тельфер)

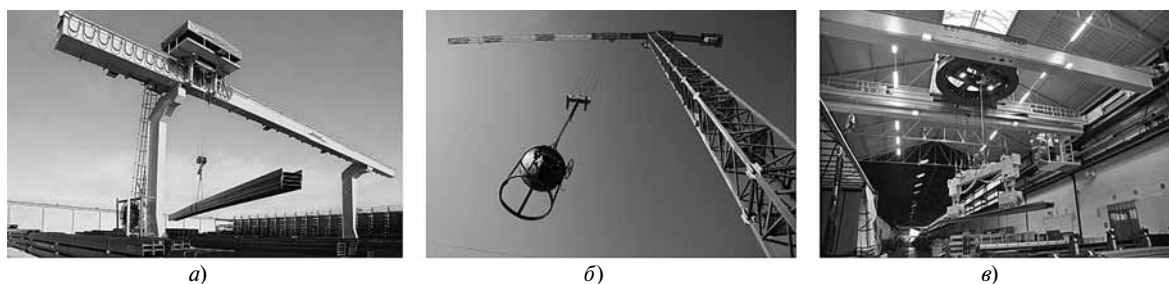


Рис. 3. Виды грузоподъемных машин (краны):

a — козловой кран; *б* — башенный кран; *в* — мостовой кран

(лента, цепь, канат), в которых груз перемещается вместе с тяговым элементом, и транспортирующие машины без тягового элемента. Основные конструкции транспортирующих машин с тяговым элементом представлены на рис. 4. Типичными представителями транспортирующих машин с тяговым элементом являются конвейер цепной (транспортер) (рис. 4, *a*); эскалатор (тоннельный)

(рис. 4, *б*) и элеватор (ковшовый горизонтальный) (рис. 4, *в*) [4].

Основные конструкции транспортирующих машин без тягового элемента представлены на рис. 5. Типичными представителями транспортирующих машин без тягового элемента являются конвейер качающийся (вибрационный) (рис. 5, *a*); пневматическое устройство (пневмотранспортер)

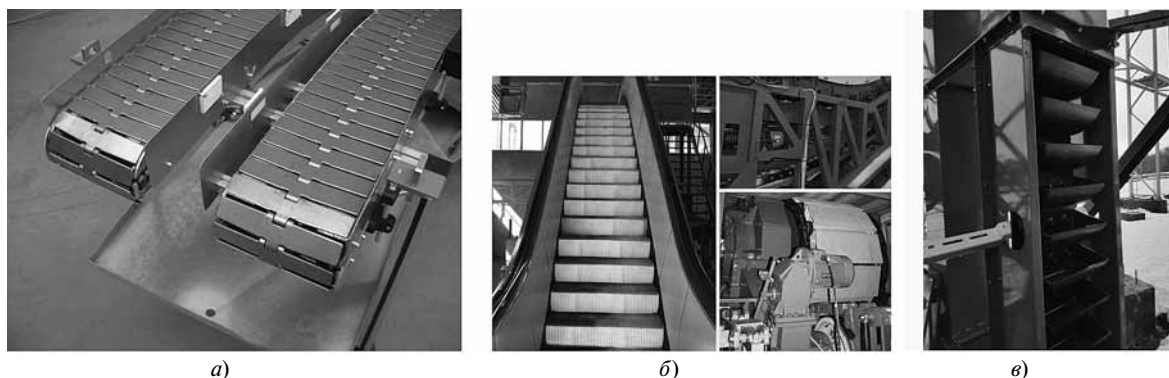


Рис. 4. Виды транспортирующих машин с тяговым элементом:

a — конвейер цепной (транспортер); *б* — эскалатор (тоннельный); *в* — элеватор (ковшовый горизонтальный)

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

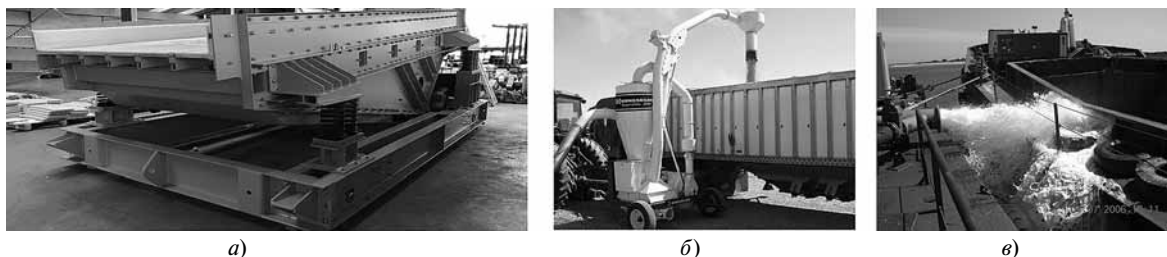


Рис. 5. Виды транспортирующих машин без тягового элемента:

а — конвейер качающийся (вибрационный); *б* — пневматическое устройство (пневмотранспортер); *в* — гидравлическое устройство (насос)

(рис. 5, *б*) и гидравлическое устройство (насос) (рис. 5, *в*) [5].

Последний третий вид подъемно-транспортных машин — погрузочно-разгрузочные машины по конструктивному исполнению могут быть как машинами циклического действия, так и непрерывного. Погрузочно-разгрузочные машины используются на железнодорожном транспорте для производства операций, связанных с погрузкой, выгрузкой, перегрузкой, транспортировкой и сортировкой грузов в вагоны или на различные виды транспорта в складских помещениях, на грузовых дворах, при перевалке грузов. На рис. 6 представлены основные конструкции погрузочно-разгрузочных машин: погрузчик (вилочный, циклического действия) (рис. 6, *а*) и погрузчик (многоковшовый, непрерывного действия) (рис. 6, *б*) [6].

Таким образом, в работе сформирована современная комплексная классификация и описаны основные виды подъемно-транспортных машин, наглядно позволяющие ознакомиться обучающимся, аспирантам, а также инженер-

но-техническим работникам с существующими конструкциями подъемно-транспортных машин.

Однако развитие автоматизированных систем управления в промышленности позволяет создать качественно новый тип оборудования подъемно-транспортных машин, которым еще предстоит зарекомендовать себя — промышленные роботы (автоматические манипуляторы) [16]. От других видов технологических и подъемно-транспортных машин их отличает наличие встроенной автоматизированной системы управления и рабочего органа, обладающего несколькими степенями свободы. На базе промышленных роботов и станков с числовым программным управлением можно создавать полностью автоматизированные участки, цехи и заводы с гибкой технологией, т. е. с возможностью быстрой перестройки на новый объект производства без существенных затрат на переналадку оборудования. Это позволяет провести комплексную автоматизацию целых предприятий с серийным и мелкосерийным типом производства и комплексную механизацию участков



Рис. 6. Виды погрузочно-разгрузочных машин:

а — погрузчик (вилочный, циклического действия); *б* — погрузчик (многоковшовый, непрерывного действия)

с единичным типом производства. До появления промышленных роботов такая задача принципиально не могла быть решена.

Промышленные роботы выполняют следующие задачи:

— облегчение труда рабочего с конечной целью освобождения его от низкоквалифицированного, монотонного, а также тяжелого и вредного труда с последующим освобождением рабочих для выполнения других необходимых задач;

— выполнение работ в труднодоступных местах и в экстремальных условиях — на дне моря, в космическом пространстве, при высокой температуре, ограниченной видимости и т. п.;

— создание предпосылок для развития полностью автоматизированных производств;

— повышение качества продукции и производительности труда при неизменном или меньшем числе работающих благодаря устранению субъективных ошибок рабочего, снижению времени выполнения операций и обеспечению постоянного режима работы "без усталости", росту коэффициента использования оборудования (коэффициент сменности) [17].

Коэффициент сменности рассчитывается по формуле

$$k_c = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{N}, \quad (1)$$

где C_1, C_2, C_n — количество отработанных машино-смен; N — общее количество машин (используемых или максимально пригодных к использованию).

Вычислять показатель можно за разные промежутки времени: день, неделю, декаду, месяц, квартал, год. При расчете за большие временные интервалы нужно принимать во внимание тот факт, что состав оборудования может меняться с течением времени: одни агрегаты списываются, другие — вводятся в эксплуатацию. Если на предприятии было какое-то изменение количества машин, то рассчитывать коэффициент стоит за более мелкие периоды, а потом найти среднее его значение за нужный интервал.

Машино-смена — время, затраченное любой единицей оборудования на производство установленного объема работ. Это продолжительность использования техники в течение ограниченного времени от запуска двигателя до его остановки (например, 4, 8 или 12 ч). В одном машино-дне может быть несколько машино-смен. Продолжительность машино-смены определяется проектом,

характером работ, сферой деятельности компании, объемами производства и другими факторами. Этот показатель может рассчитываться для компаний разных отраслей, которые используют в своей работе любое оборудование. Однако чаще всего его используют применительно к строительной, производственной и железнодорожной технике (кранам, спецтранспорту, бурительным установкам, экскаваторам, тяговому подвижному составу и т. д.).

На основании полученных данных можно рассчитать коэффициент использования сменного режима ($k_{иср}$) установленных станков. Он равен:

$$k_{иср} = \frac{k_c}{C}, \quad (2)$$

где C — количество смен.

Таким образом, определяют показатели эффективности работы оборудования подъемно-транспортных машин на предприятии и при необходимости разработать корректирующие и предупреждающие действия по устранению по повышению эффективности работы предприятия в целом [18—20].

С развитием новых технологий создание современных качественных подъемно-транспортных машин неизбежно, поэтому структура классификации подъемно-транспортных машин будет развиваться исчезновением устаревшей техники и приходом принципиально новых технологий. На данном этапе развития научно-технического процесса современная классификация в основной степени представлена в настоящей работе.

Выводы

1. С целью эффективного ознакомления обучающихся, аспирантов, а также инженерно-технических работников с подъемно-транспортными машинами схематично сформирована современная комплексная классификация подъемно-транспортных машин и иллюстрационно представлены основные виды современных конструкций подъемно-транспортных машин.

2. С целью повышения качества работы оборудования подъемно-транспортных машин, продукции и производительности труда приведена методика расчета коэффициентов сходимости и использования сменного режима оборудования подъемно-транспортных машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Борисов Ю. М., Соколов М. М.** Электрооборудование подъемно-транспортных машин. — М.: Машиностроение, 1971. — 375 с.
2. **Бидерман В. Л.** Теория механических колебаний. — М.: Высшая школа, 1980. — 408 с.
3. **Александров М. П.** Тормоза подъемно-транспортных машин. Изд. 3-е, доп. и перераб. — М.: Машиностроение, 1976. — 386 с.
4. **Вайнсон А. А.** Подъемно-транспортные машины. — М.: Машиностроение, 1975. — 432 с.
5. **Александров М. П.** Подъемно-транспортные машины. — М.: Машиностроение, 1984. — 336 с.
6. **Гохберг М. М.** Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. — Л.: Машиностроение, 1976. — 454 с.
7. **Грузоподъемные краны.** В 2-х кн. / Сокр. пер. с нем. М. М. Рунова, В. Н. Федосеева; под ред. М. П. Александрова. — М.: Машиностроение, 1981; кн. 1. — 216 с.; кн. 2. — 287 с.
8. **Сборник** инструкций по безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. — М.: Недра, 1980. — 95 с.
9. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации лифтов: — М.: Недра, 1972. — 96 с.
10. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. — М.: Металлургия, 1981. — 169 с.
11. **Справочник** по кранам. В 2-х т. / Под ред. А. И. Дукельского. — Л.: Машиностроение, 1971. Т. 1. — 399 с.; 1973. Т. 2. — 504 с.
12. **Абрамович И. И., Котельников Г. А.** Козловые краны общего назначения. — М.: Машиностроение, 1983. — 232 с.
13. **Башенные краны** / Л. А. Невзоров, А. А. Зарецкий и др. — М.: Машиностроение, 1979. — 292 с.
14. **Шабашов А. П., Лысяков А. Г.** Мостовые краны общего назначения. — М.: Машиностроение, 1980. — 304 с.
15. **Казак С.** Динамика мостовых кранов. — М.: Машиностроение, 1968. — 331 с.
16. **Козырев Ю. Г.** Справочник. Промышленные работы. — М.: Машиностроение, 1983. — 374 с.
17. **Промышленная робототехника** / Под ред. Я. А. Шифрина. — М.: Машиностроение, 1982. — 415 с.
18. **Резниченко А. А., Чеботарев Е. А., Тептиков Н. Р., Глазунов Д. В.** Оценка безотказности и готовности локомотивов в период нормальной эксплуатации / Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2018. № 3 (39). — С. 15–22.
19. **Кохановский В. А., Глазунов Д. В.** Концепция унификации трибосистем / Вестник машиностроения. — 2019. — № 10. — С. 53–56.
20. **Тептиков Н. Р., Резниченко А. А., Губарев П. В., Глазунов Д. В.** Математические методы принятия решений в системах диагностики и управления на тяговом подвижном составе / Сборка в машиностроении, приборостроении. — 2018. — № 1. — С. 13–15.

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

ИНФОРМАЦИЯ

ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

НОВАЯ СТАНЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОБУСОВ КАМАЗ



В Москве запущена в работу новая станция обслуживания электробусов КАМАЗ, созданная на базе бывшего 1-го троллейбусного парка.

Ранее все электробусы КАМАЗ, поступающие в распоряжение московского заказчика, обслуживались в автопарке филиала Северо-Восточный ГУП "Мосгортранс" на улице Бочкова, а также в Филевском автобусно-троллейбусном парке филиала "Центральный" на ул. Дениса Давыдова. "Поскольку к концу 2020 года на линиях Москвы будет работать в общей сложности уже 400 электробусов КАМАЗ, при этом имеется необходимость в запуске новых электробусных маршрутов, совместно с ГУП "Мосгортранс" было принято решение открыть наш сервисный центр на новой эксплуатационной площадке", — пояснил руководитель Службы продвижения пассажирского электротранспорта ПАО "КАМАЗ" Андрей Долганов.

Новая станция обслуживания разместилась в филиале Центральный ГУП "Мосгортранс" на территории бывшего 1-го троллейбусного парка, расположенного на Ленинградском шоссе. Символично, что именно здесь в 1935 г. начали эксплуатироваться первые троллейбусы, теперь им на смену пришел новый современный, экологически чистый инновационный электротранспорт. "По условиям контракта, производитель автотехники

полностью берет на себя сервисное обслуживание подвижного состава и зарядной инфраструктуры в течение 15 лет с момента поставки. Поэтому очень важно и ценно, что "Мосгортранс" предоставил нам все условия для комфортной работы на длительную перспективу", — подчеркнул Андрей Долганов.

После проведенной реконструкции в автопарке полностью обновилась инфраструктура, установлены новые зарядные станции, оборудованы боксы для проведения диагностики, техобслуживания, текущего и кузовного ремонта. Функционирование сервисного центра будут обеспечивать свыше 130 специалистов — слесари, электрики, диагносты, административный и инженерный состав. Благодаря просторной территории здесь удастся одновременно разместить до 200 электробусов КАМАЗ, что позволит запустить новые маршруты, а также увеличить количество электробусов на линиях и повысить пропускную способность городской сети общественного транспорта.

На данный момент в Москве работает уже 300 электробусов КАМАЗ. Они курсируют на 29 городских маршрутах в центре, на севере, востоке, западе, северо-востоке и на северо-западе столицы. Камазовский электробус соответствует самым высоким стандартам безопасности и экологичности. Он вмещает 85 пассажиров, имеет от 30 мест для сидения, оборудован всем необходимым для комфортного проезда пассажиров, включая маломобильных. Все модели имеют низкий уровень пола, оснащены системами климат-контроля и видеонаблюдения, в салоне располагаются медиаэкраны с маршрутной информацией, USB-слоты для зарядки мобильных устройств.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ЯН АЙХИНГЕР НАЗНАЧЕН НА ДОЛЖНОСТЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ КОМИТЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КОММЕРЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА В АССОЦИАЦИИ ЕВРОПЕЙСКОГО БИЗНЕСА

Ян Айхингер, генеральный директор ООО "МАН Трак энд Бас РУС", был избран на должность председателя Комитета производителей коммерческого транспорта АЕБ 11 марта 2020 г.

Вскоре после этого бизнес в России вынужденно перешел в новый для себя режим работы в связи с ограничениями, направленными на борьбу с новой коронавирусной инфекцией.

По инициативе господина Айхингера прошли две онлайн-встречи Комитета коммерческого транспорта, посвященные новым условиям работы и обмену опытом по решению текущих общепромышленных задач. Также он представил Комитет на онлайн-встрече автопроизводителей — членов АЕБ с заместителем министра промышленности и торговли А. Н. Морозовым в мае, рассказав о динамике рынка коммерче-



ского транспорта и представив позицию Комитета по мерам государственного регулирования.

Первое межотраслевое мероприятие, на котором Ян Айхингер выступил в новой должности — открытая встреча "COVID-19: Последствия для европейского бизнеса и перспективы". К ней присоединились компании — участницы АЕБ из разных сфер: от розничной торговли до более узких сегментов, включая коммерческий транспорт.

"Мы постепенно начинаем выходить из карантина. Работа российского подразделения MAN не прекращалась ни на день, хотя нам пришлось перевести некоторые процессы в удаленный формат для обеспечения безопасности сотрудников московского офиса, дилерской сети и, конечно же, наших клиентов. Пока подводить полноценные итоги рано, но

уже сейчас мы всерьез обсуждаем грядущие изменения в бизнесе. Они коснутся как организации внутренней работы компании, так и непосредственной работы с клиентами", — делится впечатлениями от встречи с коллегами новый председатель Комитета производителей коммерческого транспорта АЕБ.

Г-н Айхингер также рассказал о том, какими Комитет видит продажи коммерческого транспорта в 2020 и 2021 гг. Ожидается, что в текущем году продажи грузовых автомобилей весом более 16 т значительно сократятся. При этом сильный первый квартал оказал серьезную поддержку отрасли в условиях глубокого провала в апреле—мае. Одновременно надежды участников Комитета связаны с отложенным спросом и стабилизацией финансового положения клиентов, которые могут помочь рынку отыграть падение. Безусловно, очень многое будет зависеть от появления "второй волны" и возможных сопутствующих ограничений в экономической активности.

Г-н Айхингер отметил, что Комитет был консервативен в своих оценках восстановления рынка в следующем году. Он добавил, что, как и представители других отраслей, склонен крайне осторожно давать прогнозы, так как ситуация может очень быстро измениться как в лучшую, так и в худшую сторону.

Пресс-служба "MAN Трак энд Бас РУС"

НОВЫЙ САМОСВАЛ FORD TRUCKS 4142D РАЗРАБОТАН ДЛЯ РОССИЙСКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



Компания Turbotrucks, эксклюзивный дистрибьютор Ford Trucks в России, представляет новый четырехосный самосвал Ford Trucks 4142D с колесной формулой 8×4, который воплощает в себе основные требования российских перевозчиков к оснащению и характеристикам грузовика для строительного сектора перевозок.

Грузовые автомобили Ford Trucks 4142D произведены в России на заводе "АВТОТОР". Самосвальные надстройки изготавливаются и монтируются на предприятии Grunwald. Оба производства расположены в Калининградской области, что позволяет предложить российским клиентам оптимальные сроки исполнения заказов.

Ford Trucks 4142D оснащен шестицилиндровым дизельным двигателем Ecotorq рабочим объемом 12,7 л мощностью 420 л.с. и крутящим моментом 2150 Нм при 1000—1300 об/мин экологического класса "Евро-5", который агрегируется с механической трансмиссией ZF 16S 2230. Опционально возможен заказ самосвала, оборудованного автоматизированной коробкой передач ZF ТраХоп. Дневная кабина грузового автомобиля оснащена водительским сиденьем на пневматической подвеске с поясничным подпором с множеством регулировок, жидкостным автономным отопителем, кондиционером и подогревом лобового стекла для удобной и комфортной работы водителя в любое время года.

Самосвальный кузов Grunwald F22-SH-II типа half-pipe объемом около 22 куб. м изготовлен из износостойкой стали HARDOX 450 и сертифицирован по программе "Hardox in my body". Он оснащен сворачиваемым тентом, который защищает груз от рассыпания, интегрированным в козырек. Для комфортной эксплуатации самосвала в зимний период его кузов оборудован системой обогрева отработавшими газами.

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*

Сдано в набор 03.07.2020. Подписано в печать 27.08.2020. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5,88.

Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

Оригинал-макет: ООО "Авансед солишнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru