

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", 2021

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** Савченко А. С. Карьерный самосвал
КАМАЗ-65805

Исследования. Расчет

- 5** Дебелов В. В., Козловский В. Н., Ендачев Д. В.,
Каменев В. Ф. Проблема разработки системы
управления нагревателем датчика кислорода
двигателя внутреннего сгорания современного
автомобиля

Эксплуатация. Ремонт

- 9** Шалимов В. Э., Дворцов А. И. Бортовая диаг-
ностика автомобилей

Безопасность

- 17** Зеер В. А., Гражданцев Е. В., Глухих Р. С.,
Авдеев Р. М., Елагин А. И. Обоснование пара-
метров математической модели системы опове-
щения водителей о возникновении аварийно-
опасной ситуации

Транспортный комплекс

- 23** Поваляев А. Е., Колбасов А. Ф., Козлов В. Н.
Перспективы водородного транспорта в России

Спецтехника

- 32** Семенов Д. А., Минакова П. С., Чичик И. А.
Использование сменного рабочего оборудова-
ния для асширения функциональных возмож-
ностей экскаватора

Информация

- 39** Климнов А. С. Российский автопром и рынок
в III полугодии 2020 г.

- 46** 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.

CONTENTS:

Design

- 3 Savchenko A. S. Mining dump truck
KAMAZ-65805

Research. Calculation

- 5 Debelov V. V., Kozlovsky V. N., Endachev D. V.,
Kamenev V. F. The problem of developing a control
system for the oxygen sensor heater of an internal
combustion engine of a modern vehicle

Operation. Repair

- 9 Shalimov V. E., Dvortsov A. I. On-Board car
diagnostics

Safety

- 17 Zeer V. A., Grazhdantsev E. V., Glukhikh R. S.,
Avdeev R. M., Elagin A. I. Substantiation of the
parameters of the mathematical model of the
driver warning system about the occurrence of an
emergency situation

Transport complex

- 23 Povalyaev A. E., Kolbasov A. F., Kozlov V. N.
Prospects for hydrogen transport in Russia

Spectechnika

- 32 Semenov D. A., Minakova P. S., Chichik I. A.
Use of replaceable working equipment to expand
the functionality of the excavator

Information

- 39 Klimnov A. S. The Russian automotive industry and
the market in the III half of 2020
- 47 Exhibitions. Conferences. Presentations

Correspondent's office:

Ya. E. Karpovsky (Minsk)

Address of the editorial office:

107076, Moscow, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 12
Ph. (499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; gruzovik.mashin@gmail.com;
http://www.mashin.ru

Address of publishing house:

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

The magazine is registered by the Federal Service for
Supervision of Communications,
Information Technology and Mass Communications
(Roskomnadzor).

Registration number PI number FS77.-63955
on December 9, 2015

Subscription index:

according to the integrated catalog
"Press of Russia" 39799

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House,
"Truck", 2021



УДК 629.114

DOI: 10.36652/1684-1298-2021-3-03-04

А. С. Савченко, зам. главного редактора журнала "Грузовик", e-mail: gruzovik@mashin.ru,
Издательство "Инновационное машиностроение", г. Москва

КАРЬЕРНЫЙ САМОСВАЛ КАМАЗ-65805

Разработка инженеров из Набережных Челнов — карьерный самосвал КАМАЗ-65805 — был показан на международной выставке машин и оборудования для горнодобывающей и горнообработывающей промышленности MiningWorld Russia-2020, которая проходила в 20-х числах октября в "Крокус-Экспо".

Ключевые слова: карьерный самосвал, дизельный двигатель P6, гидромеханический автомат, задние ведущие мосты, самосвальная платформа.

The development of engineers from Naberezhnye Chelny — the KAMAZ-65805 mining dump truck — was shown at the international exhibition of machinery and equipment for the mining and mining industry MiningWorld Russia-2020, which took place in the 20th of October at Crocus Expo.

Keywords: mining dump truck, diesel engine P6, hydromechanical automatic machine, rear drive axles, dump platform.

Лидером отечественного грузового автомобилестроения на крупнейшей специализированной выставке MiningWorld Russia-2020 был представлен карьерный самосвал КАМАЗ-65805-002-91 — первый представитель абсолютно нового семейства автомобилей в линейке настоящих карьерных самосвалов КАМАЗ. Семейство будет состоять из карьерных самосвалов с колесной формулой 8×4 и 10×6, грузоподъемностью от 45 до 70 т. Самосвал разработан и изготовлен в Научно-техническом центре КАМАЗ. Дебютировавший этим летом 60-тонный автомо-

биль предназначен для транспортировки скальной и горной породы в средних и малых карьерах в районах с умеренным и холодным климатом.

Сергей Назаренко, главный конструктор инновационных автомобилей Научно-технического центра ПАО "КАМАЗ":

— В силу своих технических характеристик автомобиль обеспечивает лучшие показатели в отрасли. КАМАЗ-65805 проектировали под увеличенные до 12 т допустимые нагрузки на рулевые оси и ведущие мосты с нагрузкой до 21 т.



Карьерный самосвал КАМАЗ-65805 на выставке MiningWorld Russia-2020



Сергей Назаренко, главный конструктор инновационных автомобилей Научно-технического центра ПАО "КАМАЗ"



Объем кузова СпецАвтоКам в скальном исполнении составляет 26 м³

Многослойные шины Michelin X Works типоразмера 325/95R24 рассчитаны на эксплуатацию на дорогах невысокого качества (гравий, грейдер), на строительных площадках с раскисшим грунтом и в карьерах со скальной крошкой. Следует отметить снижение удельного давления на грунт за счет большего пятна контакта всех колес.

Если у "карьерников" с колесной формулой 4×2 на 6 колес шириной 600 мм приходится 90—95 т (26,39 т на 1 м линейный), то у КАМАЗа при меньшей на 3—9 % полной массе на 5 осей давление распределяется через 16 колес шириной 325 мм при меньшем линейном давлении (16,73 т/м). С учетом диаметра колеса (2,2 м против 1 м у КАМАЗа) удельное давление в пятне контакта у КАМАЗа ниже на 10—30 %, что значительно снижает нагрузку на дорожные покрытия (асфальт, бетон, гравий, щебень) технологических дорог.

Длина самосвала — 11 040 мм, ширина — 2530 мм, высота — 3950 мм. При этом, несмотря на свои внушительные размеры, машина обладает маневренностью на уровне самосвалов 8×4. А соответствие габаритов требованиям ПДД позволяет автомобилю без груза перемещаться и по дорогам общего пользования.

Под капотом КАМАЗ-65805 установлен новый рядный 12-литровый дизельный двигатель КАМАЗ Р6 мощностью 500 л. с. Коробка передач представляет собой гидромеханический автомат, что для карьерной техники в таком классе грузоподъемности является самым подходящим решением, так как позволяет переключать передачи без разрыва потока мощности.

Сергей Назаренко:

— При создании нового карьерного самосвала мы отталкиваемся от запроса рынка, внимательно

но изучаем требования конечных потребителей, предъявляемые к технике данного класса. Так, трансмиссия является одним из важнейших узлов автомобиля, к ней предъявляются повышенные требования с точки зрения надежности, долговечности, технологичности. Эти факторы были определяющими при выборе трансмиссии и для нового самосвала». Мы выбрали Allison Transmission.

Дополнительное преимущество автоматической КП Allison — запатентованная технология Continuous Power Technology, обеспечивающая более эффективную передачу мощности на колеса и улучшенную маневренность, что в свою очередь сокращает длительность рейсов, повышает эффективность и рентабельность самосвала. По желанию конечного клиента трансмиссия Allison 4700 может быть дооснащена механизмом отбора мощности двигателя для привода оборудования.

Колесная формула автомобиля — 10×6. Три задних моста — ведущие. При этом две первые оси и последний задний мост — управляемые, т. е. их колеса поворачиваются. Такое решение позволяет повысить маневренность автомобиля при работе в карьере. На ведущие колеса приходится более 72 % сцепного веса автомобиля, что выше, чем у дорожных самосвалов 8×4, и практически достигает показателей самосвалов 6×4. Это обеспечивает высокие показатели проходимости автомобиля, в том числе и по мокрой дороге внутри карьера.

Задние ведущие мосты представляют собой полноценный тридем, т. е. распределение крутящего момента происходит в равной пропорции между ними. Самосвальная платформа с днищем и боковинами из специальной стали увеличенной толщины используется для погрузки больших твердых глыб горной породы. Благодаря ее обогреву отработавшими газами двигателя решен вопрос с примерзанием мокрого зимнего грунта. Кузов, угол наклона которого равен 50°, имеет специальный защитный козырек над кабиной, защищающий водителя, агрегаты и узлы самосвала от падения скальной породы. Объем самосвальной платформы в скальном исполнении — 26 м³.

Сергей Назаренко:

— В данный момент самосвал собран как *Autonomous Ready*, т. е. примененные агрегаты самосвала полностью готовы для превращения его в беспилотный. Остается лишь установить элементы машинного зрения, сенсоров, связи и блок принятия решений, чтобы грузовик смог работать в карьерах самостоятельно, без участия водителя. Это позволит в значительной степени минимизировать риски для жизни и здоровья людей.

В. В. Дебелов, канд. техн. наук, НАМИ, г. Москва, **В. Н. Козловский**, д-р техн. наук, профессор, e-mail: kozlovskiy-76@mail.ru, СамГТУ, г. Самара, **Д. В. Ендачев**, канд. техн. наук, **В. Ф. Каменев**, д-р техн. наук, профессор НАМИ, г. Москва

ПРОБЛЕМА РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЕМ ДАТЧИКА КИСЛОРОДА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЯ

В представленной работе актуализируется проблема разработки электронной системы управления нагревателем датчика кислорода автомобильного двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: электронная система управления, автомобиль, двигатель внутреннего сгорания.

In the presented work, the problem of developing an electronic control system for the oxygen sensor heater of an automobile internal combustion engine is actualized.

Keywords: electronic control system, automobile, internal combustion engine.

Неуклонный рост количества традиционных транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания, а также фиксируемое, ежегодное повышение интенсивности дорожного движения автомобильного транспорта увеличивает в атмосфере содержание окиси углерода (СО); несгоревших углеводородов (СН); окислов азота (NO и NO₂). В результате этого максимальная концентрация токсичных веществ в атмосфере больших городов и промышленных центров значительно превышает установленные нормативные значения [1, 2].

По-прежнему основные меры снижения загрязнения окружающей среды определяются конструктивным совершенствованием автотранспортных средств. Ведутся работы над созданием и повышением эффективности электротехнических комплексов и систем автомобильного транспорта, позволяющих наилучшим образом решить проблему токсичных выбросов от сгорания углеводородного топлива.

Снижение уровня токсичности отработавших газов автомобилей осуществляется различными путями. Среди них можно выделить ряд направлений: совершенствование конструкций двигателей; улучшение рабочего процесса горения и смесеобразования; оборудование автомобилей системами улавливания и нейтрализации вредных выбросов; улучшение качества применяемого горючего топлива на основе углеводородных жидкостей.

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений решения поставленной проблемы является разработка и реализация на транспорте электронной системы управления с датчиком кислорода [3–5]. Широкому применению на автомобильном транспорте электронных систем управления с датчиком кислорода способствовала необходимость решения крайне актуальной проблемы достижения норм токсичности на автотранспортных средствах (АТС) при холодном пуске двигателя внутреннего сгорания (ДВС), когда возникла необходимость создания высокочувствительного датчика, использование которого сокращает время расчета состава топливной смеси и приводит к повышению скорости режимного реагирования нейтрализатора под режимы работы ДВС. Таким образом достигается эффект бифункциональности, а именно окисление и восстановление продуктов горения углеводородных жидкостей.

При рассмотрении системы нейтрализации вредных выбросов АТС каталитический нейтрализатор отработавших газов играет важную роль, состоящую в снижении выброса вредных веществ в атмосферу. Отработавшие газы, проходя через специальную решетку, имеющую платиновое и родиевое напыление для уменьшения NO_x, и платиновое и палладиевое напыление для снижения СО, испытывают превращение из агрессивных газов в сравнительно безопасные для человека и нейтральные газы.

Для того чтобы нейтрализатор мог наиболее эффективно очищать поступающие в него выхлопные газы, содержание каждого компонента в них должно укладываться в довольно узкие рамки, соответствующие сгоранию в цилиндрах стехиометрической рабочей смеси топлива и воздуха, которая характеризуется так называемым коэффициентом избытка воздуха λ . Если λ больше 1,0 — смесь обедненная, при λ меньше 1,0 — смесь обогащенная. Если смесь содержит такое количество воздуха, которое требуется для полного сгорания топлива, смесь называют стехиометрической (теоретически идеальная) — это область значений λ вблизи 1,0. Чтобы эффективность сгорания была высокой, колебания состава относительно оптимального не должно превышать 1 % относительно $\lambda = 1$. Стехиометрическое соотношение для воздуха и бензинового топлива имеет значение около 14,4...14,7/1, где $\lambda = (\text{количество воздуха})/(\text{количество топлива})$. Такой состав топливно-воздушной смеси обеспечивает наименьшее содержание токсичных веществ в отработавших газах и эффективное их "дожигание" в нейтрализаторе. Наибольшая экономичность при 100 % открытой дроссельной заслонке бензинового двигателя достигается при $\lambda = 1,1-1,3$. Максимальная мощность обеспечивается, когда $\lambda = 0,85-0,9$ (рис. 1).

Для того чтобы нейтрализатор эффективно выполнял свою функцию по снижению токсичных выбросов, требуется точное дозирование состава смеси и поддержание его значения. Эта задача наиболее эффективно решается за счет применения системы управления двигателем, которая

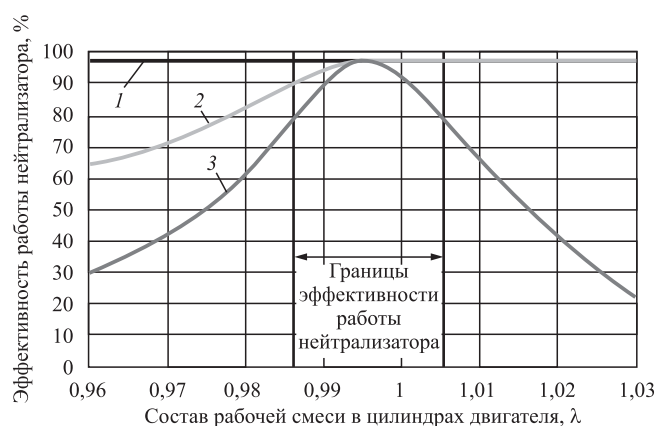


Рис. 1. Зависимость эффективности работы нейтрализатора от состава рабочей смеси в цилиндрах двигателя, где кривая:

1 — окислы азота NO_x ; 2 — несгоревшие углеводороды C_3H_3 ; 3 — окись углерода CO

обеспечивает стехиометрическое соотношение за счет управления топливными форсунками, искрой опережения зажигания, а также углом открытия дроссельной заслонки. Но данную задачу по достижению стехиометрического состава было бы сложно решить без применения датчика кислорода, который является важным элементом обратной связи в системе впрыска топливной смеси, позволяющей поддерживать стехиометрический состав на установившихся режимах работы двигателя с точностью не менее чем ± 1 %.

Для получения наилучшего эффекта по очистке выхлопных газов наиболее широкое применение получила система нейтрализации, оснащенная двумя датчиками кислорода. Первый датчик кислорода устанавливается выше автомобильного катализатора ближе к двигателю. Этот датчик позволяет контроллеру системы управления двигателем определить содержание кислорода в отработавших газах. Контроллер двигателя осуществляет точную регулировку состава топливно-воздушной смеси.

Разработка электротехнических систем управления двигателем с применением лямбда-зонда является важной научно-технической задачей, решение которой позволяет добиться наилучших результатов по управлению смесеобразованием, что, как следствие, приводит к снижению токсичных выбросов в окружающую среду. При этом также важными остаются проблемы по обеспечению достоверности показаний датчика, которые могут наблюдаться на состаренном или частично отравленном зонде. Вопрос защиты от перегорания нагревательной спирали чувствительного элемента является одной из приоритетных задач при работе с лямбда-зондом, так как от его продолжительной работы и целостности зависит качество измерения, и регулировки состава смеси.

В работе решается задача по разработке математических и имитационных моделей, обеспечивающих наиболее эффективное управление датчиком кислорода с целью получения наилучших показателей по управлению стехиометрическим составом.

Датчик кислорода — электронное устройство, которое позволяет производить оценку количества несгоревшего топлива или соотношение кислорода в отработанных газах. Сигнал датчика используется электронной системой управления двигателем для поддержания оптимального соотношения топливной смеси.

Датчик кислорода способствует определению λ в отработавших газах и генерацию соответствующей

шего сигнала посредством изменения выходного напряжения датчика, выполняет преобразование состава смеси в величину напряжения λ , выполняет передачу отработавших газов через защитную трубку к чувствительному элементу, изолирует внутреннюю часть датчика от влияния окружающей среды, изолирует внутреннюю часть датчика от влияния выхлопных газов.

Основное назначение датчика — это двухступенчатое управление составом смеси с обратной связью и диагностика каталитического нейтрализатора и диагностика состояния самого датчика в системах бортовой диагностики в системах с двумя датчиками (рис. 2).

На автомобилях отечественного производства, начиная с 2015 г., наибольшую популярность получили датчики кислорода планарного типа, использующие в своей работе принцип Нернста, оснащенные интегрированными нагревателями и чувствительным элементом с накачкой. Данные сенсоры позволяют достаточно точно определять состав смеси для значений λ , близких к единице. Основными производителями лямбда-зондов для отечественного автопрома являются фирмы Bosch и Delphi.

Эффективная работа датчика возможна при температуре не ниже 650—900 °С. Поэтому для быстрого прогрева после пуска двигателя современные датчики снабжают электрическим нагревательным элементом, представляющим из себя керамический стержень, содержащим чувствительный элемент со спиралью накаливания внутри.

Все элементы датчика кислорода изготовлены из жаростойких материалов, так как его рабочая



Рис. 2. Датчик кислорода планарного типа (лямбда-зонд)

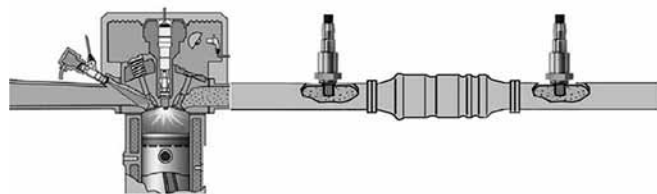


Рис. 3. Установка лямбда-зонда вблизи каталитического нейтрализатора

температура может достигать 950 °С. Токоведущие провода оснащаются термостойкой изоляцией. В связи с тем что датчик кислорода может генерировать электрический сигнал только при высоких температурах 300—350 °С и выше, датчики зачастую устанавливаются в выпускном коллекторе рядом с нейтрализатором [6, 7].

Поскольку эффективная работа датчика кислорода напрямую зависит от того, какое количество отработанных газов попадает в него, то установку осуществляют в непосредственной близости к каталитическому нейтрализатору до и после него. Ввиду того что работа датчика напрямую зависит от температуры его чувствительного элемента, то требуется постоянное сохранение постоянной температуры датчика вне зависимости от того, какая температура выхлопных газов в данный момент в него поступает. С этой целью датчик оснащается специальным нагревательным элементом, который управляется контроллером двигателя и обеспечивает стабильность его температурного режима.

Специальный нагревательный элемент, входящий в состав датчика кислорода, управляется всегда с момента старта двигателя до полной его остановки. Время выхода датчика на рабочую температуру должно быть минимальным. Имеется возможность установки лямбда-зонда на удалении от выхлопного коллектора, рядом с катализатором.

Место установки датчика кислорода подбирается таким образом, чтобы исключить попадание в него конденсирующейся влаги, которая может привести к разрушению чувствительного элемента при его прогреве [8].

При работе зонда, по достижении температуры 300—350 °С, керамика начинает проводить ионы кислорода [9, 10]. Максимальная рабочая температура ограничивается в зависимости от типа датчика, чтобы предотвратить перегрев, который неизбежно приводит к его повреждению. В случае повреждения нагревателя лямбда-зонда система управления двигателем переходит в аварийный режим без коррекции содержания воздуха в смеси.

Таким образом, получается, что наиболее эффективным направлением решения проблемы снижения вредных выбросов в атмосферу от автомобильного транспорта по-прежнему является создание и совершенствование соответствующей системы управления с датчиком кислорода. При разработке такой системы необходимо строго выдерживать требования по температурным режимам работы датчика. Отсюда и необходимость

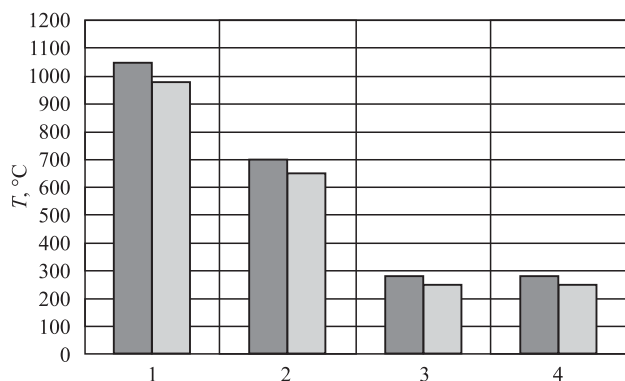


Рис. 4. Предельные характеристики современных лямбда-сенсоров планарного типа, применяемых на легковых автомобилях отечественного производства, максимальные значения и при продолжительных значениях воздействия температурой:

1 — температура отработавших газов; 2 — температура корпуса лямбда-зонда в месте примыкания к выпускному коллектору; 3 — температура уплотнителя в месте примыкания жгута к датчику; 4 — температура кабеля и защитного рукава

в разработке высокоэффективной электронной системы управления нагревателем датчика кислорода.

Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ НШ-2515.2020

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Каменев В. Ф., Пугачев И. О.** Отечественные системы управления дизельными двигателями с топливной аппаратурой аккумуляторного типа и комплексной антиоксидантной системой / Транс-

- порт на альтернативном топливе. 2016. № 1 (49). С. 56—62.
2. **Каменев В. Ф., Щеглов П. А.** Принципы построения математической модели современного малотоксичного дизеля для транспортно-технологических средств и сельхозмашин / Тракторы и сельхозмашины. — 2016. — № 1. — С. 3—8.
3. **Дебелов В. В., Козловский В. Н., Пьянов М. А., Строганов В. И.** Моделирование и разработка электротехнического комплекса управления автомобилем в режимах СТАРТ И СТОП / Грузовик. — 2015. — № 5. — С. 15—20.
4. **Козловский В. Н., Дебелов В. В.** Электротехнический комплекс управления двигателем легкового автомобиля. Монография. Самара, 2015. — 160 с.
5. **Дебелов В. В., Козловский В. Н., Пьянов М. А., Строганов В. И.** Концепция создания электротехнической и электронной системы управления "START-STOP" легкового автомобиля / Электроника и электрооборудование транспорта. — 2015. — № 1. — С. 2—6.
6. **Ерохов В. И.** Особенности кислородного датчика системы управления транспортных двигателей / Транспорт на альтернативном топливе. — 2013. — № 6 (36). — С. 17—26.
7. **Ерохов В. И.** Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика), учебник для вузов. — М.: Горячая линия, 2011. — 567 с.
8. **Соломатин Н. С.** Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля. Монография, Тольятти, 2013. — 220 с.
9. **Ютт В. Е.** Электрооборудование автомобилей. Учебник для студентов автомобильных специальностей высших учебных заведений / Москва, 2009. Сер. Учебник для высших учебных заведений. Специальность (4-е изд., перераб. и доп.).
10. **Карунин А. Л., Бахмутов С. В., Селифонов В. В.** Гибридные автомобили — столбовая дорога к экономичному и экологически чистому транспорту / Журнал автомобильных инженеров. — 2007. — № 3 (44). — С. 38—45.

На "КАМАЗе" утверждена программа по качеству

Приказом генерального директора ПАО "КАМАЗ" Сергея Когогина утверждена программа "Качество-2021" и цели в области качества на текущий год. В рамках реализации программы "Качество-2020" и целевых программ за 11 месяцев достигнуты определённые результаты относительно уровня 2019 г. Количество рекламационных дефектов на 100 автомобилей по результатам трех месяцев эксплуатации снизилось на 20,4 % (цель была 10 %). Средний уровень удовлетворённости потребителей работой дилерского центра в момент приобретения автомобиля вырос на 10,8 %, работой сервисных центров — на 2,3 %, а в части улучшения качества производства автомобилей коэффициент дефектности (АРА) снизился на 13,1 %, уровень потерь от брака — на 19,2 %.

Что касается программы по качеству на новый производственный год, то основные цели решено оставить на уровне 2020 г.

Кроме того, завершилась реализация стратегии в области качества на период 2017—2020 гг. Была усилена центральная служба качества, в том числе за счёт создания департамента технического контроля, куда перевели службы технического контроля на заводах. Прделана немалая работа по переходу к оценке качества с точки зрения конечного клиента на различных этапах — продаже, эксплуатации, обслуживания. Установлена системная обратная связь с дилерами, сервисными центрами, заводами спецтехники.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

УДК 629.113.004.5(076.5)

DOI: 10.36652/1684-1298-2021-3-09-16

В. Э. Шалимов, д-р техн. наук, гл. научный сотрудник, e-mail: badim62@mail.ru,

А. И. Дворцов, ст. научный сотрудник, e-mail: a.i.dvortsov@mail.ru,

Центральный научно-исследовательский институт Минобороны России, г. Бронницы

БОРТОВАЯ ДИАГНОСТИКА АВТОМОБИЛЕЙ

В статье рассмотрена история развития автомобильных бортовых систем контроля начиная с конца 60-х гг. прошлого столетия до настоящего времени, дана оценка их эффективности. Описаны перспективные направления развития бортовых систем контроля технического состояния с использованием глобальных систем позиционирования ГЛОНАСС и GPS, технология "дополненной реальности".

Ключевые слова: диагностирование, OBD, протокол CAN, глобальная система позиционирования ГЛОНАСС и GPS, технология "дополненной реальности".

The article deals with the history of the development of automotive on-Board control systems since the late 60s of the last century to the present time, the assessment of their effectiveness. The perspective directions of development of onboard systems of control of a technical condition with use of global positioning systems GLONASS and GPS, the technology of "augmented reality" are described.

Keywords: diagnostics, OBD, KAN Protocol, global positioning system GLONASS and GPS, "augmented reality" technology.

Современный автомобиль чрезвычайно насыщен электронными системами, которые значительно улучшают его технические и эксплуатационные показатели. Доля электроники уже сегодня составляет до 40 % от стоимости некоторых автомобилей. В ближайшем будущем без электроники, особенно в двигателе уже ничего не будет регулироваться и контролироваться. Диагностирование электронных систем автомобиля является очень важной задачей при их эксплуатации в современных условиях. Наиболее сложным является диагностирование систем управления двигателем и здесь главную роль играет бортовая диагностика.

Бортовая диагностика (OBD) — это автомобильный термин, который имеет прямое отношение к системе самодиагностики автомобиля [1]. Количество диагностической информации сильно изменилось с момента появления первых систем в начале 1980-х гг. Первые OBD управляли включением индикаторной лампы неисправности, при возникновении поломки, но информация, связанная с возможной причиной неисправности, в этих системах отсутствовала. Современные системы OBD используют стандартный цифровой разъем для передачи данных в режиме реального времени и диагностических кодов неисправности, которые позволяют быстро выявить неисправность и найти способ ее устранения.

История развития бортовых систем контроля тесно связана с развитием моторостроения. Две мировые войны, за которыми следовали годы кризиса и подъема, одновременно и стимулировали, и в то же время тормозили технический прогресс. Многие системы, предлагаемые как "новые", зачастую были изобретены давно, но не находили практического применения. Иногда разработки оказывались ненадежными из-за некачественных материалов или требовали слишком больших производственных издержек. Новые материалы и стремительный прогресс в электронике открыли для многих разработок новые перспективы. Внедрение новых технологий и систем теперь происходит через все более короткие промежутки времени.

Впервые бортовой компьютер с функцией сканирования электронных систем подачи (впрыска) топлива был установлен фирмой Фольксваген на выпускаемых автомобилях. В 1969 г. появляется простейшая система OBD, в которой отсутствовал стандартный протокол мониторинга и передачи данных.

В 1980 г. корпорация General Motors создает собственный интерфейс и протокол для тестирования электронных блоков управления (ЭБУ) двигателя на сборочной линии. Протокол "Диагностика на сборочной линии" (ALDL) рабо-

тал с небольшой скоростью передачи данных (160 бод/с) в режиме широтно-импульсной модуляции и контролировал работу лишь небольшое число систем автомобиля. ALDL не предназначалась для диагностики систем вне заводских стен. Единственной доступной для владельца функцией был так называемый "Мигающий код". После замыкания контактов А и В на диагностическом разъеме (при включенном зажигании и выключенном двигателе) лампа "Проверить двигатель" (CEL) или "Требуется обслуживание" (SES) начинала мигать в режиме двузначного цифрового кода, которому соответствовала определенная неисправность, поэтому внешнее диагностическое устройство не требовалось.

В 1986 г. появляется новая версия протокола ALDL, работающая на скорости передачи данных до 8192 бод/с, использующая новейшую в то время элементную базу. Этот протокол получил название GM XDE-5024В.

В 1988 г. общество автомобильных инженеров (SAE) рекомендует стандартизировать диагностический разъем и диагностические сигналы. Главной причиной создания системы бортовой диагностики было желание внедрить программу проверки токсичности автомобилей в США. Совет по воздушным ресурсам Калифорнии потребовал, чтобы все новые автомобили, проданные на территории Калифорнии в 1991 г. и позже, имели систему OBD. Эти требования относятся к OBD-I, хотя данное название официально не использовали до введения протокола OBD-II. Разъем для передачи данных и его расположение не были стандартизированы, как и сам протокол передачи данных. С 1996 г. требования OBD-II стали распространяться на все автомобили, эксплуатирующиеся на территории США.

В 2001 г. Европейский союз вводит свою Европейскую систему бортовой диагностики (EOBD), которая становится обязательной для всех автомобилей с бензиновыми двигателями, а с 2004 г. и с дизельными двигателями, проданными на территории Европейского союза. На этом развитие бортовых систем контроля для автомобилей не закончилось.

С развитием электронной промышленности были разработаны микросхемы и протокол CAN (Controller Area Network — локальная сеть контроллеров) для нужд автомобильной промышленности. Он обеспечивал последовательный протокол связи и поддерживал прикладные задачи с распределенным управлением в реальном масштабе времени. Автомобиль стал представлять

собой сложную систему, состоящую из множества датчиков, исполнительных механизмов и т. п. Все эти датчики и механизмы нужно было соединить в единую сеть, при этом, учитывая, что автомобиль является источником различного рода помех и эксплуатируется в различных погодных условиях. В результате в 1991 г. появилась CAN-спецификация фирмы Bosch.

В 2008 г. все автомобили, проданные на территории США, должны были соответствовать требованиям стандарта ISO 15765-4, который регламентирует протокол CAN. В это же время на основе Американских и Европейских разработок создают похожие системы в России и других странах азиатского и тихоокеанского регионов.

В США уже тестируют систему OBD-III. У этой системы бортовой диагностики в автомобиле больше не нужно проводить отдельных проверок. В автомобиле находится ретранслятор, передающий сигналы о возникающих неисправностях через спутник на центральный пульт управления. С этого пульта управления формируются необходимые меры по устранению неисправностей (например, информация для водителя или остановка автомобиля). Сейчас уже внедряются конкретные предложения. Уже определено, что ни OBD-II, ни EOBD не станут конечным этапом контроля систем, имеющих отношение к выбросам отработавших газов. Новые предельные значения токсичности отработавших газов с 2008 г. требуют совершенно новых методов контроля. Для этого разрабатывают систему для непосредственного измерения концентрации вредных выбросов автомобилей (OBM — On-Board-Messung — бортовое измерение).

В предписаниях по OBD законодательно устанавливаются минимальные основные требования. При этом существуют лишь небольшие различия между европейскими и американскими требованиями.

Основные требования к системам OBD:

- контроль катализаторов;
- контроль сажевых фильтров;
- контроль лямбда-зондов;
- распознавание пропусков зажигания;
- распознавание неполного сгорания;
- контроль топливной системы;
- контроль системы впуска добавочного воздуха;
- контроль системы рециркуляции отработавших газов;
- контроль системы вентиляции топливного бака;
- контроль системы охлаждения;

- контроль системы управления клапанами;
- регистрация условий работы;
- стандартизированное управление индикаторами неисправности;
- стандартизированный диагностический интерфейс;
- сообщение о готовности системы к проверке (код готовности);
- защита от вмешательств и манипуляций с ЭБУ;
- контроль специальных функций автоматической коробки передач, имеющих отношение к отработавшим газам.

Для выполнения этих требований необходимо множество датчиков, контролирующих электронику двигателя, выпускной тракт и картину выхлопа. Постоянная самодиагностика и проверка достоверности сигналов гарантируют комплексный контроль. Возникающие неисправности после нормирования регистрируются в запоминающем устройстве. Несмотря на эту сложную технологию, инженеры не могут отказаться от хорошо зарекомендовавших себя методов диагностики внешними средствами технического диагностирования (СТД). Постоянный контроль технического состояния автомобиля внешними СТД по-прежнему необходим.

Системы OBD посредством датчиков должны постоянно регистрировать и анализировать, как минимум, следующие параметры двигателя и условия эксплуатации:

- температура двигателя;
- адаптация смеси (коэффициент избытка воздуха);
- нагрузка на двигатель;
- давление топлива;
- обороты двигателя;
- скорость движения;
- информация о неисправностях;
- пробег автомобиля;
- коды неисправностей;
- давление во впускном трубопроводе;
- напряжение бортовой сети автомобиля.

Дополнительно измеряются и анализируются и другие важные величины — температура масла, угол опережения зажигания, расход воздуха, положение дроссельной заслонки, фазы газораспределения, режимы работы кондиционера, температура отработавших газов. При этом имеются некоторые различия между определением величин в EOBD и OBD-II.

В качестве стандартизированного интерфейса OBD (рис. 1) используется 16-контактный ште-

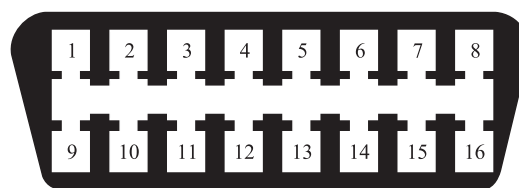


Рис. 1. Диагностический разъем OBD-II

керный разъем. В этом разъеме стандартизованы и геометрическая форма, и размеры, и распределение контактов. Этот диагностический разъем является интерфейсом между автомобильной электроникой и устройством считывания неисправностей, так называемого Scan Tool. Передаваемые данные одинаковы для всех автомобилей, но изготовители не смогли договориться о едином протоколе передачи.

В отличие от разъема OBD-I, который иногда располагался под капотом автомобиля, разъем OBD-II должен находиться в 2 футах (0,61 м) от рулевой колонки (за исключением отдельных случаев, но в зоне досягаемости водителя). SAE J1962 определяет следующую раскладку контактов разъема (табл. 1).

Таблица 1

Обозначение контактов

№ контакта	Описание
1	Свободный
2	J 1850 Шина + (Bus + Line, SAE)
3	Свободный
4	Заземление кузова
5	Сигнальное заземление
6	Верхний контакт CAN (J-2284)
7	K Line ISO 9141-2
8	Свободный
9	Свободный
10	Bus Line, SAE J1850 Шина
11	Свободный
12	Свободный
13	Свободный
14	Нижний контакт CAN (J-2284)
15	L Line ISO 9141-2
16	Напряжение АКБ

Контакты — 1, 3, 8, 9, 11, 12, 13 — свободные. Они используются для диагностики антиблокировочной и антипробуксовочной систем, коробки передач, подушек безопасности.

Для обмена данными между диагностическим тестером и автомобильной электроникой утверждены следующие виды связи.

Связь по стандарту ISO 9141-2 используется европейскими изготовителями с медленной скоростью передачи данных (5 бит/с).

Связь по стандарту ISO 14230-4 (допускается KWP 2000) используется европейскими и азиатскими изготовителями. Его также использует корпорация Chrysler.

Связь по стандарту SAE J1850 используется американскими изготовителями. Особенно для автомобилей, произведенных концерном General Motors.

Связь по стандарту ISO/DIS 15765-4 диагностика на CAN-шине.

Для считывания неисправностей через стандартизированный диагностический интерфейс служит тестер (сканер) (рис. 2).

Это устройство с дисплеем, с помощью которого можно считывать коды из регистратора событий системы OBD. Согласно ISO 15031-4 тестер должен автоматически распознавать тип передачи данных и установленную систему управления двигателем. Функционал тестера не должен быть привязан к определенным условиям изготовителя, он должен быть универсально пригоден

к использованию в любом автомобиле. Обязательным условием является наличие стандартизированного протокола передачи данных и стандартизированного списка кодов неисправностей. Для OBD утверждено девять режимов проверки. Из них пять режимов касаются проверки токсичности ОГ. Сегодня на рынке диагностического оборудования можно встретить различные электронные адаптеры, позволяющие передавать информацию через диагностический разъем OBD-II в компьютеры, ноутбуки, смартфоны, имеющие специальное программное обеспечение. Одним из таких представителей является мультипротокольный адаптер ELM327 (рис. 3), поддерживающий практически все протоколы обмена данными, применяемые в системах автомобильной диагностики: ISO 15765-4 (CAN), ISO 14230-4 (KWP2000), ISO 9141-2, SAE J1850 VPW, J1850 PWM. Поддержка CAN-шины позволяет использовать адаптер практически со всеми автомобилями, начиная с 1996 г. выпуска и до сегодняшних дней. Микроконтроллером адаптера является микросхема PIC18F2480 компании Microchip с заводской прошивкой от фирмы ELM Electronics. Поскольку адаптер отвечает только за связь компьютера (смартфона, планшета и т. д.) с бортовой сетью автомобиля, широта функциональных возможностей при работе адаптера в первую очередь зависит от используемого программного обеспечения. Адаптер уже достаточно давно известен на рынке и существует много различных программ для



Рис. 2. Диагностический сканер MaxiScan мод. MS309



Рис. 3. Мультипротокольный адаптер ELM327



Рис. 4. Мобильное устройство (смартфон) с установленным приложением для бортовой диагностики автомобилей

работы в комплекте с ним. В ряде коммерческих программ есть расширенные функциональные возможности по поддержке дополнительных протоколов автопроизводителей и позволяющих работать с другими блоками автомобилей. При незначительных поломках он позволяет выявить причину и избежать дорогостоящего ремонта. При использовании его с мобильными устройствами (рис. 4) в on-line режиме адаптер превращается в интеллектуальный.

Однако для более эффективной диагностики автомобиля и анализа неисправностей требуется нечто большее, чем просто считывание кодов системы OBD с помощью сканера. Для этого существуют мотор-тестеры (рис. 5), которые с помощью диагностических интерфейсов и регистратора событий позволяют достаточно хорошо локализовать причины неисправностей.

У таких тестеров с помощью генератора сигналов можно проверять датчики, в том числе провода и разъемы во встроенном состоянии. Можно физически проверять также быстрые CAN-шины. Мультиметр и осциллограф с частотой 50 МГц позволяют проводить различные проверки отдельных деталей и полную диагностику блоков управления. Возможно дооснащение до станции комплексной проверки ОГ.

Шина передачи данных системы OBD-II и EOBD является двунаправленной, т. е. данные по ней как принимаются, так и передаются. Благодаря этому с помощью диагностического



Рис. 5. Мотор-тестер Bosh FSA-740

прибора можно не только отображать поток данных, но и задействовать исполнительные устройства и посылать команды в ЭБУ. Данные передаются через клеммы 7 и 15 диагностического разъема DLC. Передача данных начинается по сигналу, который генерируется диагностическим прибором при выборе любой функции. При выборе функции OBD на клемму линии последовательной передачи данных диагностического разъема DLC подается сигнал с импульсами переменной длительности. Таким образом, налаживается обмен информацией между ЭБУ и диагностическим прибором. После этого время передачи данных делится между этими двумя устройствами: в течение определенного времени данные передаются от диагностического прибора в ЭБУ, а затем наоборот.

Коды неисправностей OBD стандартны для всех автомобилей и состоят из пяти знаков. Они регламентируются стандартами ISO 15031-6 и SAE J2012. Формирование кода происходит по единой схеме. Буква, предшествующая четырем цифрам, указывает на систему автомобиля, с которой связан данный код: P — привод, B — кузов, C — ходовая часть, U — шины.

Первая цифра после буквы O показывает на независимый от изготовителя законодательно прописанный код, а цифры 1, 2, 3 показывают на зависимые от изготовителя, не предписанные законодательно коды.

Вторая цифра после буквы связана с подсистемой автомобиля:

- P00xx — топливная и воздушная системы, дополнительные системы контроля токсичности;
- P01xx — топливная и воздушная системы;
- P02xx — топливная и воздушная системы (контур инжекторной подачи топлива);
- P03xx — система зажигания, определение пропусков зажигания;
- P04xx — дополнительные системы контроля токсичности;
- P05xx — контроль скорости автомобиля и холостого хода двигателя;
- P06xx — бортовая компьютерная система;
- P07xx — управление трансмиссией.

Следующие две цифры показывают код конкретной неисправности в каждой подсистеме.

В списке кодов P0 числится более 700 кодов OBD. Этот список можно найти в различных источниках [2]. В нем уже сейчас имеются коды неисправностей, для которых пока нет датчиков, готовых к серийному производству. Отдельные коды неисправностей у разных производителей не всегда сравнимы между собой и часто могут быть считаны только собственными тестерами.

Бортовая диагностическая система OBD-II предназначена не только для профессионалов и любителей, занимающихся ремонтом автомобилей, но и может использоваться в устройствах телематики, которые осуществляют контроль за движением подвижного состава, оценкой топлив-

ной экономичности, соблюдением правил дорожного движения, а также удаленную диагностику и страховку по схеме "Едешь-Платишь". Несмотря на то что изначально эти цели не преследовались, данные OBD-II, в том числе скорость автомобиля, частота вращения коленчатого вала двигателя, уровень топлива в баке, позволяют системам мониторинга (диспетчерским пунктам) с помощью глобальных систем позиционирования ГЛОНАСС и GPS отслеживать скоростные режимы движения автомобиля, его стоянку или получать информацию о возникновении проблемы с двигателем (рис. 6). Анализ кода позволяет определить характер проблемы. OBD-II также может использоваться для блокирования мобильных телефонов при движении автомобиля и записи данных для страховых компаний.

Разработчики OBD-II постоянно занимаются ее совершенствованием для более эффективного использования. Становится проще оценивать неисправности и быстрее осознавать их последствия. Для этого в систему введены данные об окружающей обстановке (Freeze Frame), которые в момент регистрации неисправности в работе двигателя записываются в память блока управления параллельно с кодом неисправности.

При выявлении первой неисправности какой-либо детали или системы в регистраторе системы OBD должны быть записаны условия работы двигателя на этот момент (данные Freeze Frame). Если впоследствии возникнет неисправность в топливной системе или неисправность в виде сбоя сгорания, то ранее записанные данные Freeze Frame будут заменены соответствующими данными об условиях, преобладающих на момент появления первой неисправности. Возможна дополнитель-

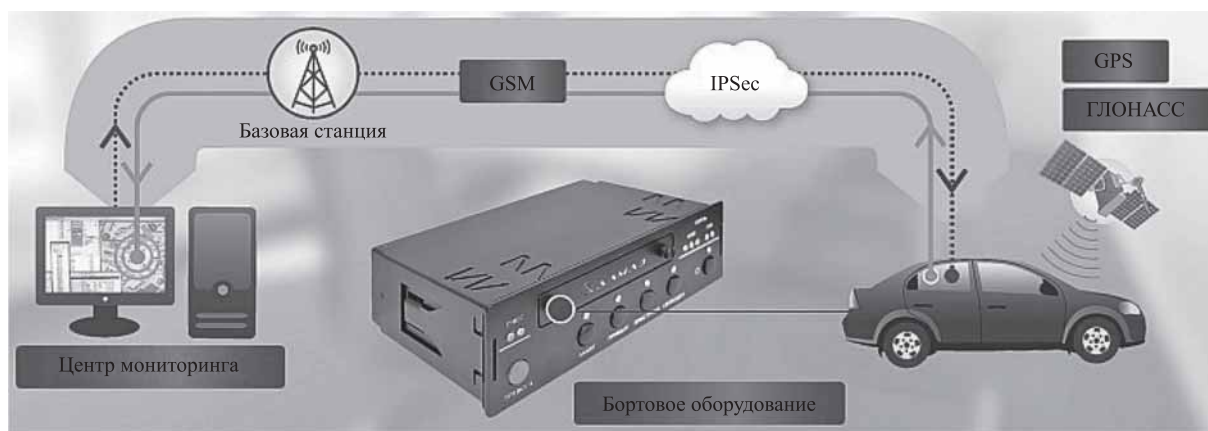


Рис. 6. Система мониторинга состояния автомобиля с помощью глобальных систем позиционирования ГЛОНАСС и GPS

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

ная запись "старых" данных Freeze Frame. Для записи нужно выбирать по возможности такие данные, которые могут оказаться полезными при последующем ремонте. Должен быть сохранен, как минимум, один набор данных Freeze Frame, который можно считать универсальным тестером Scan Tool. Сохраняемые данные об условиях работы двигателя должны включать в себя, как минимум, следующую информацию:

- определенная компьютером нагрузка на двигатель;
- обороты двигателя;
- параметры регулировки смеси;
- давление топлива;
- скорость автомобиля;
- температура охлаждающей жидкости;
- давление во впускном трубопроводе;
- значения лямбда-регулирования;
- код неисправности, активация которого инициировала запись рабочих параметров.

При удалении кода-инициатора можно также удалить сохраненные рабочие параметры двигателя. Дополнительно к обязательным данным Freeze Frame (при наличии или доступности в качестве информации бортового компьютера) должна обеспечиваться возможность считывания следующих данных:

- код неисправности OBD;
- состояние топливной системы (регулируемый или нерегулируемый режим);
- регулирование опережения зажигания;
- температура всасываемого воздуха;
- давление во впускном трубопроводе;
- расход воздуха;
- выходные сигналы потенциометра дроссельной заслонки;
- состояние системы впуска добавочного воздуха.

При этом истинные измеренные значения должны четко отличаться от фиксированных значений или значений для аварийного режима. Все системы, для которых проводятся специальные бортовые проверки (за исключением систем, распознающих сбой сгорания, контролирующих топливную систему и предназначенных для общего контроля компонентов) должны обеспечивать возможность считывания результатов последней проверки автомобиля и предельных значений, лежащих в основе проверки системы. Это требование выполняет код готовности.

Код готовности представляет собой 12-значный двоичный код (0 или 1), имеющийся у всех автомобилей. Этот код показывает готовность системы к проверке. Он позволяет узнать, все ли проверки системы были проведены. Каждая позиция кода соответствует проверяемой системе (табл. 2). Если позиция в коде равна 1, значит соответствующая система еще не завершила цикл проверки. Если позиция в коде равна 0, то система завершила цикл проверки.

Последняя позиция в коде готовности (12) всегда равна 0 и некоторые диагностические тестеры не отображают ее на дисплее. Код готовности считывается справа налево.

До 2002 г. код готовности хранился в энергозависимом запоминающем устройстве. При отключении электропитания (замена батареи, отсоединение ЭБУ и пр.) данные в памяти стирались и все позиции выставлялись в 1. Проверку готовности системы нужно было проводить заново, что требовало большого объема дополнительных работ или прохождения циклов движения. Начиная с 2003 г. код готовности записывается в энергонезависимую память и не стирается при сбое питания.

Если к моменту диагностики системы ее готовность к проверке еще не будет обеспечена, то

Таблица 2

Обзор испытаний на готовность к проверке
(В — непрерывный контроль; С — эпизодический контроль)

Код готовности	Поле данных	Система	Код готовности	Поле данных	Система
0	В	Не используется, всегда 0	6	С	Лямбда-зонды
1	В	Компоненты в целом	7	С	Кондиционер
2	В	Топливная система	8	С	Система впуска добавочного воздуха
3	В	Пропуски зажигания	9	С	Система вентиляции топливного бака
4	С	Система рециркуляции ОГ	10	С	Обогрев катализатора
5	С	Обогрев лямбда-зонда	11	С	Катализатор(ы)

для подтверждения функционирования системы используется сигнал управляющего лямбда-зонда. Тестер OBD автоматически выполняет проверку функционирования управляющего зонда по инструкциям изготовителя.

У автомобилей с дизельным двигателем и D-OBD код готовности имеет то же распределение позиций, что и у бензиновых двигателей. Однако из-за отсутствия лямбда-зондов и не контролируемого катализатора по этим позициям всегда значится 0. Поэтому количество возможных активизированных позиций кода меньше, чем у автомобилей с бензиновыми двигателями.

При проведении диагностирования двигателя с электронной системой управления необходимо выяснить, какие его системы готовы к проверке. Для этого блоком управления выдается второй дополнительный код. Верхний ряд кода указывает количество фактически установленных систем в автомобиле (рис. 7), а нижний ряд указывает на системы, проверка которых выполнена, либо нет.

С левой стороны рисунка установлено восемь систем, проверка которых еще не завершена. Автомобиль пришлось бы подготовить к проверке, выполнив пробную поездку с проездом на определенных режимах движения автомобиля [3]. После этого состояние кода готовности достигнет требуемого уровня.

Сейчас автопроизводители уже создали ветровые стекла, на которых воспроизводится важная для водителя информация о дорожной обстановке, маршруте движения наряду с различными пиктограммами и параметрами работы автомобиля. Это делает его вождение более безопасным и эффективным. Таким примером служат концерны Daimler и General Motors, которые взяли на вооружение технологию "дополненной реальности".

Технология "дополненной реальности" находит и другие области применения. Так, один из

ведущих производителей программного обеспечения в этой сфере компания Metaio и компания Audi разработали специальное приложение для мобильных устройств, способное заменить традиционные инструкции по эксплуатации.

Программа может распознавать более 300 элементов автомобиля: от марки установленных дворников и мультимедийной системы до узлов в моторном отсеке. Приложение позволяет пользователю узнать необходимую информацию о том или ином узле и даже получить инструкции по небольшому ремонту. Разработчики особо подчеркивают, что получаемые таким образом инструкции интуитивно понятны. Достаточно направить камеру мобильного устройства на ту или иную часть транспортного средства, и на телефоне или планшете появится вся необходимая информация. Технология дополненной реальности подскажет работнику необходимые операции с этим автомобилем и порядок их выполнения. В результате время на обслуживание транспортного средства значительно сокращается.

Несмотря на колоссальную сложность задач, стоящих перед разработчиками автомобильной электроники и программного обеспечения, развитие в этой области идет бурными темпами. Причиной тому является огромный объем рынка (ежегодно в мире производится 55 млн новых автомобилей). Несомненно, электрификация и электронизация автомобилей будет продолжена. Во главу угла должна быть поставлена задача разработки оптимальной концепции развития, сочетающей использование в автомобилях центрального и локального аппаратного и программного обеспечения, повышающего эффективность работы всех его компонентов. Без наличия такой концепции добиться существенных улучшений в функциональных возможностях автомобиля и снизить его цену будет очень сложно.

Проверка функционирования Готовность к проверке	Проверка функционирования Готовность к проверке
Поддерживается проверка систем: 011101101101	Поддерживается проверка систем: 011101101101
Установлен код проверки систем: 011110110111	Установлен код проверки систем: 000000000000
Не все проверки систем выполнены	Все проверки систем выполнены

Рис. 7. Сравнение кодов готовности системы к проверке диагностическим прибором

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Яковлев В. Ф.** Диагностика электронных систем автомобиля. — М.: Солон-Пресс, 2003.
2. **Уве Роккош.** Бортовая диагностика. Перевод с нем. ООО "СтарСПб.". — М.: ООО "Издательство "За рулем", 2013.
3. **Шпилевский Г. Б., Архипов В. С.** Перспективы развития диагностики технического состояния тракторов на основе бортовых электронных средств // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2004. — № 7.
4. **Соснин Д. А.** Автотроника: учеб. пособие. — М.: Солон-Р, 2001.

В. А. Зеер, канд. техн. наук, доцент, **Е. В. Гражданцев**, канд. техн. наук, ст. преподаватель, e-mail: egrazhdantsev@sfu-kras.ru, **Р. С. Глухих**, ст. преподаватель, **Р. М. Авдеев**, канд. техн. наук, доцент, **А. И. Елагин**, студент, Политехнический институт, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ О ВОЗНИКНОВЕНИИ АВАРИЙНО-ОПАСНОЙ СИТУАЦИИ

В работе представлен анализ аварийности на автомобильном транспорте в России и Красноярском крае. В качестве способа снижения аварийности на участках дорог вне населенных пунктов предложена система оповещения водителей в условиях дефицита визуальной информации о возможном возникновении аварийно-опасной ситуации. Представлены результаты математического моделирования, физического эксперимента, позволяющие обосновать значения параметров системы, алгоритмы ее функционирования.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, столкновения, система предупреждения водителей, безопасное расстояние, скорость движения.

The paper presents an analysis of accidents in road transport in Russia and the Krasnoyarsk Territory. As a way to reduce accidents on road sections outside settlements, a system for alerting drivers in the face of a shortage of visual information about a possible emergency situation has been proposed. The results of mathematical modeling, physical experiment, which allow to substantiate the values of system parameters, algorithms of its functioning are presented.

Keywords: road safety, collisions, driver warning system, safe distance, speed.

Введение

В Красноярском крае (КК), как и в Российской Федерации (РФ) на протяжении последних 5 лет наблюдается динамика снижения количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) (при незначительном увеличении в 2019 г.), раненых и погибших в них (рис. 1) [1, 2].

Доля раненых и погибших при ДТП в КК от общего их числа в РФ практически не меняется год от года и находится в диапазоне от 2 до 2,5 % (рис. 2).

При этом КК входит в 10 регионов РФ с наибольшим количеством и самой высокой долей ДТП и раненых в них.

Анализ количества ДТП, раненых и погибших в них на 1000 км автомобильных дорог в КК (рис. 3) показывает существенный риск попадания в ДТП, который составляет 110 ДТП на каждые 1000 км автомобильных дорог. При этом количество пострадавших и погибших на каждые 1000 км составляет 132 и 12 чел. соответственно, что также является значительным негативным показателем. Значение количества ДТП и погибших



Рис. 1. Количество ДТП, погибших и раненых в них в Красноярском крае

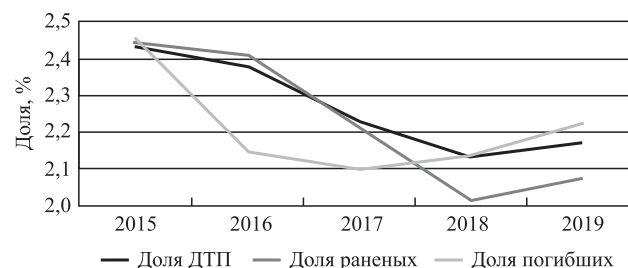


Рис. 2. Доля ДТП, погибших и раненых в них в Красноярском крае от общего их числа в Российской Федерации

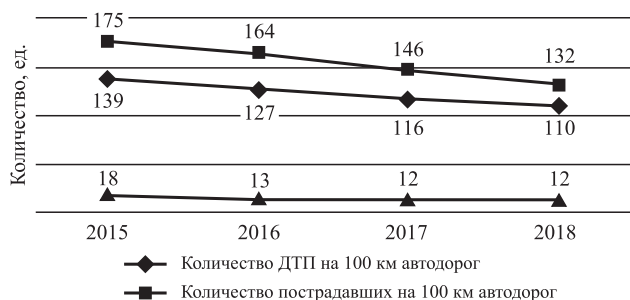


Рис. 3. Динамика количества ДТП, пострадавших и погибших в них в ДТП на 1000 км автомобильных дорог в Красноярском крае

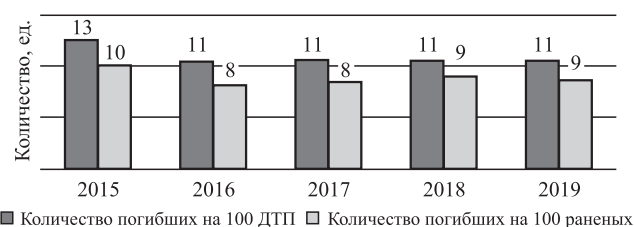


Рис. 4. Тяжесть последствий ДТП в Красноярском крае

в них на 1000 км в КК соответствует среднему значению этих показателей по стране.

Анализ количества раненых и погибших на 100 ДТП и количества погибших на 100 раненых (рис. 4) также говорит о высокой тяжести последствий ДТП, несмотря на положительную динамику их снижения. В КК в 100 ДТП получают ранения и погибают 123 и 11 человек соответственно, и на 100 пострадавших приходится 9 погибших.

Анализ аварийности в КК показывает ежегодное снижение как абсолютных, так и относительных показателей на фоне снижения аналогичных показателей в целом в РФ. При этом доля ДТП, раненых и погибших в них в КК остается на высоком уровне год от года, а в последние годы

наблюдается ее увеличение, несмотря на то что по количеству автомобилей КК не входит в число 10 регионов с наибольшим автопарком.

КК занимает 10 место по количеству погибших в столкновениях (2,17 % от общего количества по стране) и 11 место по количеству погибших при наезде на пешехода (2,25 % от общего количества по стране).

Наиболее тяжелыми видами ДТП в КК являются столкновения, опрокидывания, наезд на стоящее транспортное средство (ТС), препятствие и пешехода и за последние 5 лет тенденций к снижению тяжести последствий в регионе не наблюдается (рис. 5).

Абсолютные показатели аварийности по видам ДТП показывают, что значительные наибольшие значения достигаются при таких видах ДТП, как столкновения и наезды на пешеходов. Данные ДТП, как правило, возникают ввиду снижения видимости по различным причинам: недостаточной (из-за изменения погодных явлений) и ограниченной видимости (из-за сложности рельефа местности). Такие участки дорог являются потенциально опасными.

Столкновения с высокой тяжестью последствий характерны для автомобильных дорог вне населенных пунктов, где высокие скорости ТС способствуют увеличению количества пострадавших [3].

Несмотря на то что автомобильные дороги и их элементы проектируются с условием обеспечения необходимой видимости, позволяющей участникам дорожного движения предотвращать ДТП, на практике эти условия не всегда выполняются.

Одним из способов снижения аварийности на дорогах вне населенных пунктов на аварийно-опасных участках может являться система оповещения водителей ТС в условиях дефицита

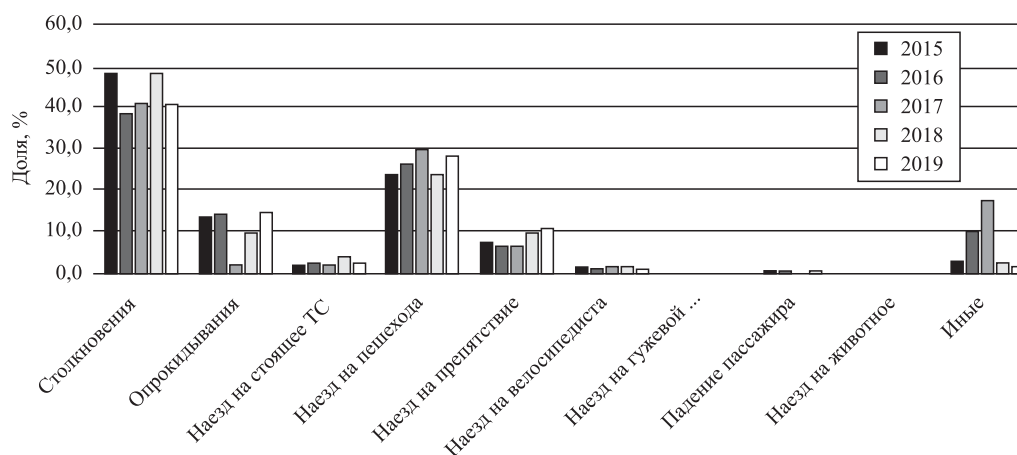


Рис. 5. Доля количества погибших в ДТП по видам в Красноярском крае

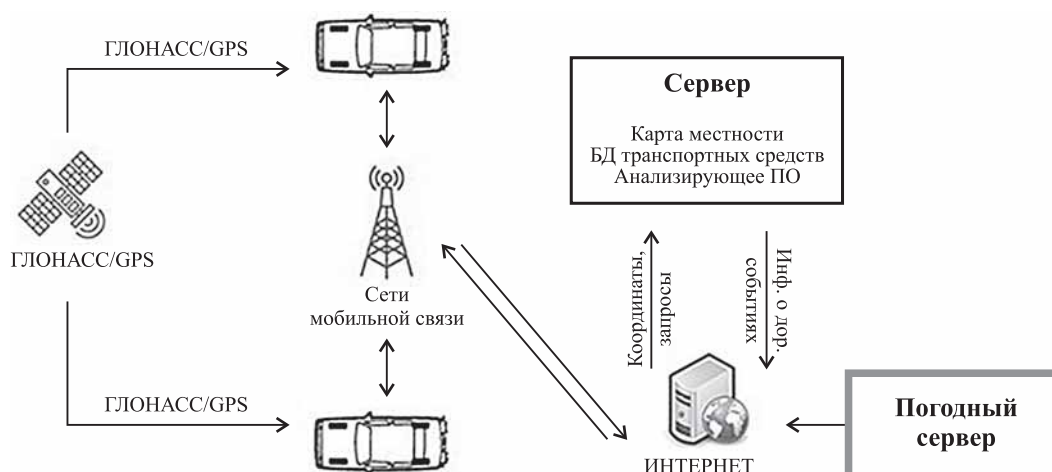


Рис. 6. Система оповещения водителей транспортных средств о возникновении аварийно-опасной ситуации в условиях дефицита визуальной информации

визуальной информации (рис. 6). Эффективным результатом функционирования системы является гарантированное и своевременное оповещение водителей ТС о возможном столкновении: неблагоприятные погодные условия, сложная геометрия дорог, крутые подъемы, спуски, опасные повороты и др. [4—6].

Методы и оборудование

Для обеспечения математического аппарата функционирования алгоритмов работы проектируемой системы необходимо определить ее базовые параметры. Опасными ситуациями будем считать те ситуации, которые при условии непринятия мер реагирования приведут к ДТП в виде столкновения. По сути, меры реагирования, направленные на предотвращение ДТП, сводятся либо к снижению скорости ТС вплоть до полной остановки, либо к изменению направления движения ТС, либо к комбинации данных действий [7—9].

Согласно нормативным документам расстояние видимости на всем протяжении дороги должно быть не менее остановочного пути ТС до препятствия:

$$S_B \geq S_0, \quad (1)$$

где S_B — расстояние видимости; S_0 — остановочный путь.

Остановочный путь — это путь, пройденный ТС со времени обнаружения опасности до его полной остановки, плюс оставшееся расстояние до объекта [10]:

$$S_0 = S_p + S_{cp} + S_H + S_T + l_0, \quad (2)$$

где S_p — путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя; S_{cp} — путь, проходимый автомобилем за время срабатывания тормозного привода; S_H — путь, проходимый автомобилем за время нарастания замедления; S_T — путь торможения; l_0 — запас расстояния, равный 5...10 м.

В развернутом виде формула (2) может быть записана следующим образом, м:

$$S_0 = t_p V_a + t_{cp} V_a + 0,5 t_H V_a + \frac{V_a^2}{2g\varphi} + l_0, \quad (3)$$

где t_p — время реакции водителя, с; t_{cp} — время срабатывания тормозного привода, с; t_H — время нарастания замедления, с; V_a — скорость автомобиля, м/с; g — ускорение свободного падения, м/с²; φ — коэффициент сцепления шин с дорогой.

При назначении геометрических параметров дорог на участках подъемов и спусков руководствуются расстоянием видимости встречного автомобиля [11], которое рассчитывается, м:

$$S_B = \frac{V_{85\%}}{3,6} t_p + \frac{K_3 V_{85\%}^2}{254(\varphi \pm i)} + l_0, \quad (4)$$

где $V_{85\%}$ — скорость транспортного потока, обеспеченностью 85 %, км/ч; K_3 — коэффициент эффективности торможения, принимаемый 1,2 при сухом дорожном покрытии; i — уклон дороги.

С учетом вышеизложенного определим минимальные параметры видимости на основании нормативных документов, регламентирующих геометрические параметры автомобильных дорог для следующих типичных дорожно-транспортных ситуаций:

— впереди движущийся автомобиль в попутном направлении;

— впереди движущийся автомобиль во встречном направлении.

Ситуация 1. В данной ситуации автомобиль встречает препятствие на той же полосе движения и требуется полная его остановка на безопасном расстоянии от препятствия.

Расстояние видимости без учета наклона дороги находится:

$$S_B = t_p V_a + \frac{V_a^2}{2g\phi} + l_0. \quad (5)$$

В соответствии с рекомендациями по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах время реакции водителя t_p принимается равным 2,5 с. Значения коэффициента сцепления ϕ для асфальтобетонного покрытия устанавливаются методическими пособиями [10, 11] и варьируются от 0,8 (сухое, чистое) до 0,2 (обледенелое).

Ситуация 2. В данной ситуации автомобили должны остановиться, не доезжая друг до друга.

Расстояние видимости складывается из расстояний, которые автомобили проходят за время реакции водителей S_{p1} и S_{p2} , тормозных путей автомобилей S_{i1} и S_{i2} , а также запаса расстояния:

$$S_B = S_{p1} + S_{i1} + S_{p2} + S_{i2} + l_0 \quad (6)$$

или

$$S_B = \left(t_{p1} V_{a1} + \frac{V_{a1}^2}{2g\phi} \right) + \left(t_{p2} V_{a2} + \frac{V_{a2}^2}{2g\phi} \right) + l_0. \quad (7)$$

В случае разрабатываемой системы в качестве критерия принятия решения о подаче сигнала водителю ТС о возможном "препятствии" на дороге в направлении его следования предлагается использовать минимально безопасное расстояние между участниками дорожного движения ($S_{общ}$), которое определяется расчетным способом. Условие подачи сигнала оповещения запишется следующим образом:

$$S_{дейст} \leq S_{общ}, \quad (8)$$

где $S_{дейст}$ — действительное расстояние между участниками дорожного движения, м; $S_{общ}$ — минимально безопасное расстояние между участниками дорожного движения, м.

Для определения пути, пройденного i -м автомобилем, воспользуемся формулой остановочного пути, м:

$$S_{iобщ} = S_p + S_{cp} + S_T + S_{откл} + l_0, \quad (9)$$

где $S_{откл}$ — путь, проходимый автомобилем за время отклика системы, м.

Выразим $S_{iобщ}$ из (9), принимая, что процесс торможения соответствует равнозамедленному движению до полной остановки с максимально возможным замедлением для конкретных дорожных условий, м:

$$S_{iобщ} = \vartheta_i (t_p + t_{cp} + t_{откл}) + \frac{\vartheta_i^2}{2j} + l_0, \quad (10)$$

где ϑ_i — начальная скорость i -го автомобиля, м/с; $t_{откл}$ — время отклика системы, с; j — максимально возможное замедление, м/с².

Следует отметить, что замедление автомобиля при экстренном торможении для сухого покрытия можно принять $j = 7,84$ м/с², мокрого покрытия — 3,92 м/с², для обледенелого покрытия — 1,96 м/с². При рабочем торможении замедление автомобиля примем в 3 раза меньше, чем при экстренном торможении, и не превосходящим 2,6 м/с² при сухом покрытии, 1,3 м/с² при мокром покрытии и 0,65 м/с² для обледенелого покрытия.

Рассмотрим ситуацию 1, когда движение автомобилей осуществляется в попутном направлении, тогда $S_{общ}$ определяется по формуле (10) в виде разницы путей, пройденными автомобилями за время, которое необходимо для полной остановки догоняющего автомобиля (с индексом 2) с учетом остатка пути между объектами, м:

$$S_{общ} = S_{2общ} - S_{1общ},$$

тогда

$$S_{общ} = (\vartheta_1 - \vartheta_2)(t_p + t_{cp} + t_{откл}) + \frac{(\vartheta_2 - \vartheta_1)^2}{2j} + l_0. \quad (11)$$

Для ситуации 2, когда движение автомобилей осуществляется во встречном направлении, $S_{общ}$ определяется в виде суммы путей, пройденными автомобилями до полной остановки с учетом остатка пути между объектами, м:

$$S_{общ} = S_{1общ} + S_{2общ},$$

тогда

$$S_{общ} = (\vartheta_2 + \vartheta_1)(t_p + t_{cp} + t_{откл}) + \frac{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2}{2j} + l_0. \quad (12)$$

Результаты исследований

По предложенным ранее математическим моделям построены графики, отражающие влияния времени отклика проектируемой системы (см. рис. 6), коэффициента сцепления (рис. 7) и режима торможения (рис. 8) на остановочный путь или минималь-

ное безопасное расстояние при различных скоростях движения ТС в сравнении с нормативными значениями. При этом остановочный путь рассчитывался без учета запаса остатка пути l_0 . Интервал скоростного режима ТС (30...240 км/ч) обусловлен следующим: минимальное значение, при котором в случае ДТП могут быть тяжелые последствия для водителя и пассажиров; максимальное значение в условиях ограничения скоростного режима на участках дорог вне населенного пункта (90 км/ч) с учетом погрешности спидометра (+20 км/ч) и встречного транспорта (умножить на 2).

Анализируя полученные зависимости, можно сделать следующие выводы:

- предложенная математическая модель определения минимального безопасного расстояния между ТС не противоречит нормативным документам в области проектирования и безопасности автомобильных дорог;

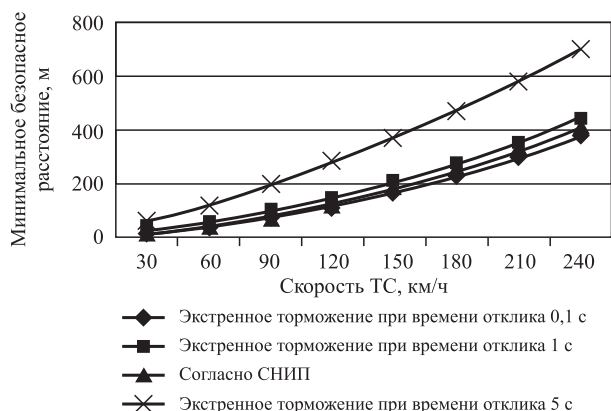


Рис. 7. Зависимость минимального безопасного расстояния от скорости движения ТС при экстренном торможении и коэффициенте сцепления 0,8

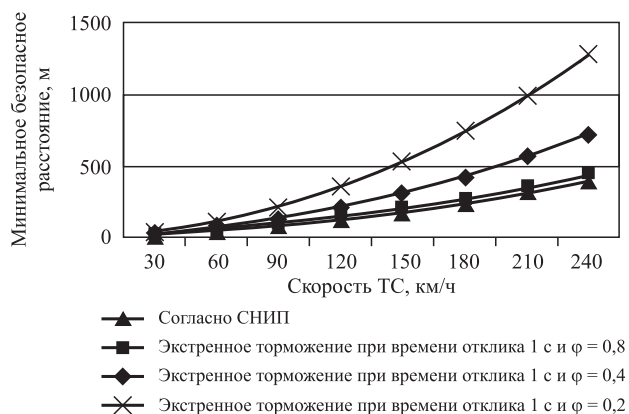


Рис. 8. Зависимость минимального безопасного расстояния от скорости движения ТС при различных состояниях дорожного покрытия и экстренном торможении

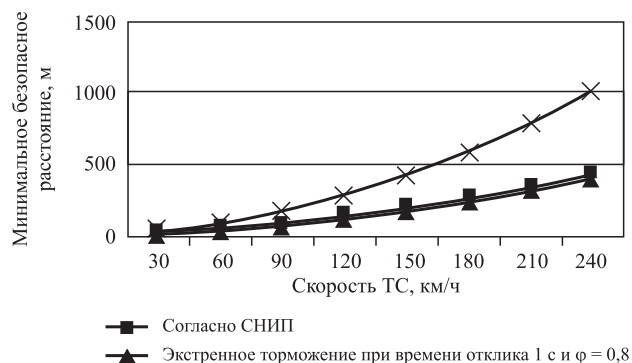


Рис. 9. Зависимость минимального безопасного расстояния от скорости движения ТС при различных режимах торможения

- для корректной работы системы необходимо и достаточно, чтобы время отклика составляло не более 1 с;

- дорожные условия значительно влияют на минимально безопасное расстояние между ТС, поэтому проектируемая система должна определять и оперировать в расчетных алгоритмах текущими значениями коэффициента сцепления шин с дорожным покрытием;

- режим торможения (замедление) также значительно влияет на минимально безопасное расстояние, особенно при высоких скоростях ТС, поэтому целесообразно применять в проектируемой системе двухступенчатое оповещение водителей, соответствующее рабочему и экстренному торможению.

Для проверки технических возможностей системы разработано приложение для мобильных телефонов, которое обеспечивает передачу на сервер координат местоположения ТС и подтверждение корректности их фиксации на сервере, при этом регистрируется время отправки и принятия данных.

Время отправки служебных данных и получения подтверждения позволило определять время отклика системы с учетом различных факторов, таких как качество связи, в местах, имеющих разный ландшафт и удаленность от г. Красноярска, а также проверить точность позиционирования ТС. Результаты обработанных экспериментальных данных представлены в таблице.

Согласно полученным экспериментальным данным время отклика системы удовлетворяет условиям математической модели даже при учете плохого качества GSM связи и неблагоприятных метеорологических условиях.

Максимальные значения точности позиционирования ТС можно применить в виде обоснования запаса остатка пути l_0 в математической модели проектируемой системы.

Результаты обработанных экспериментальных данных

Место замера, факторы влияния	Точность позиционирования, м	Среднее время отклика, мс	Качество связи
Дождь, городская среда, наличие большого количества домов и строений	7...12	135	4G
Дождь, городская среда, лесные насаждения, малые жилые строения	5...10	165	3G
Дождь, городская среда, лесные насаждения, малые жилые строения	5...10	513	2G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, постройки	3...4	121	4G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, постройки	3...4	444	3G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, постройки	3...4	503	2G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, лес, развитая дорожная инфраструктура	4...6	161	4G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, лес, развитая дорожная инфраструктура	4...6	150	3G
Дождь, трасса за пределами города, равнинная местность, лес, развитая дорожная инфраструктура	4...6	419	2G
Дождь, загородная трасса, гористая местность, лесной массив	5...7	218	4G
Дождь, загородная трасса, гористая местность, лесной массив	5...7	202	3G
Дождь, загородная трасса, гористая местность, лесной массив	5...7	653	2G

Выводы

Анализ аварийности на автомобильном транспорте в РФ и Красноярском крае показывает, что, несмотря на положительную динамику последних 5 лет снижения количества ДТП, раненых и погибших, тяжесть последствий аварий остается на высоком уровне.

Одним из способов снижения аварийности, особенно на участках дорог вне населенных пунктов, которым присущи высокие скорости движения ТС, может являться система оповещения водителей в условиях дефицита визуальной информации о возможном возникновении аварийно-опасной ситуации.

Результаты математического моделирования, физического эксперимента позволили выявить наиболее значимые параметры системы и обосновать их численные значения, а также алгоритмы ее функционирования.

В совокупности результаты проведенных исследований показали возможность технической реализации проектируемой системы.

Авторы благодарят КГАУ "Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности" за поддержку проекта в рамках Конкурса юных техников-изобретателей

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Официальный сайт** Федеральной службы государственной статистики в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет". Электронный ресурс: <http://www.gks.ru>

2. **Показатели** состояния безопасности дорожного движения. Официальный сайт Госавтоинспекции. Электронный ресурс: <http://stat/gibdd.ru>
3. **Информационно-аналитический центр** координатно-временного и навигационного обеспечения [Электронный ресурс]: Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. — URL: <https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/glonass.php>.
4. **Разработка** модели системы оповещения водителей транспортных средств о вероятном возникновении ДТП / Гражданцев Е. В., Зеер В. А., Пулянова К. В., Воеводин Е. С., Асхабов А. М., Елагин А. И. // Грузовик: транспортный комплекс, спецтехника. — 2020. — № 4. — С. 35—42.
5. **Drivers alert system** in the conditions of information shortage. R. S. Glukhikh, E. V. Grazhdantsev, V. A. Zeer, P. A. Rastovtsev and A. I. Elagin. Published 1 April 2020. Published under license by IOP Publishing Ltd Journal of Physics: Conference Series, Volume 1515, Instrumentation Technologies and Environmental Engineering
6. **Концепция** развития систем предупреждения столкновений транспортных средств / В. В. Елистратов, С. И. Безруков, П. Г. Стенин, В. С. Климаков // Научное обозрение. Технические науки. — 2015. — № 1. — С. 178—178.
7. **Augustsson N., Wilhelmsson M.** Verification of Collision Avoidance Functionality. A mileage multiplier approach to verify future Collision Avoidance Systems. Master of Science Thesis in the Master Degree Programme Systems, Control and Mechatronics. Department of Signals and Systems. Division of Automatic Control, Automation and Mechatronics Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden, 2010 Report No. EX034/2010.
8. **Abboud K., Zhuang W.** Modeling and analysis for emergency messaging delay in vehicular ad hoc networks, in: Proceedings of the IEEE GLOBECOM, November-December 2009.
9. **Ho Ting Cheng, Hangguan Shan, Weihua Zhuang.** Infotainment and road safety service support in vehicular networking: From a communication perspective // Mechanical Systems and Signal Processing 25. — 2011. P. 2020—2038.
10. **СП 34.13330.2012.** Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02—85*, утвержденного приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 266.
11. **Рекомендации** по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. ОДМ 218.4.005-2010. Москва. 2011.

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК 629.331.5

DOI: 10.36652/1684-1298-2021-3-23-31

А. Е. Поваляев, вед. инж., А. Ф. Колбасов, канд. техн. наук, зав. научно-исследовательским отделом, В. Н. Козлов, асп., гл. спец., e-mail: v.kozlov@nami.ru, ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ", г. Москва

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОРОДНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИИ

Использование транспорта на водородных топливных элементах (ВТЭ) по сравнению с электротранспортом имеет свои экономические преимущества: повышение производительности, снижение затрат на топливо, уменьшение габаритов оборудования для заправки (зарядки), постоянство параметров транспортной энергоустановки, сокращение затрат на утилизацию и замену аккумуляторов. ВТЭ — один из трендов развития мирового автомобилестроения. И у России пока еще есть шанс войти в этот рынок.

Ключевые слова: водород, топливные элементы, электромобили, электротранспорт.

The use of Hydrogen Fuel Cells (HFC) vehicles in comparison with electric vehicles has its economic advantages: increased productivity, reduced Fuel costs, reduced size of equipment for refueling (charging), constancy of the parameters of the transport power plant, and reduced costs for disposal and replacement of batteries. HFC is one of the trends in the development of the global automotive industry. Russia still has a chance to enter this market.

Keywords: hydrogen, fuel cells, electric vehicles, electric transport.

Перспектива водорода как топлива для транспорта

Водород находит очень широкое применение в промышленности, а в природе — это один из основных химических элементов: "H₂" — это самый простой и наиболее часто встречающийся элемент во вселенной [1]. По сравнению со всеми видами топлива у него самая высокая энергетическая плотность. Один килограмм водорода обладает такой же энергией, как 2,8 кг бензина. Его использование не ведет к образованию выбросов CO₂,

воздействующих на окружающую среду. К тому же его запасы практически неисчерпаемы. Водород можно получать с использованием экологически чистых методов благодаря энергии солнца, ветра, воды или тепла Земли. Поэтому его производство не зависит от импорта нефти. Производство водорода с помощью электролиза позволяет использовать возобновляемые виды энергии также и в транспортном секторе. Применение ВТЭ на транспорте позволяет наиболее полно использовать энергию водорода как топлива (рис. 1).

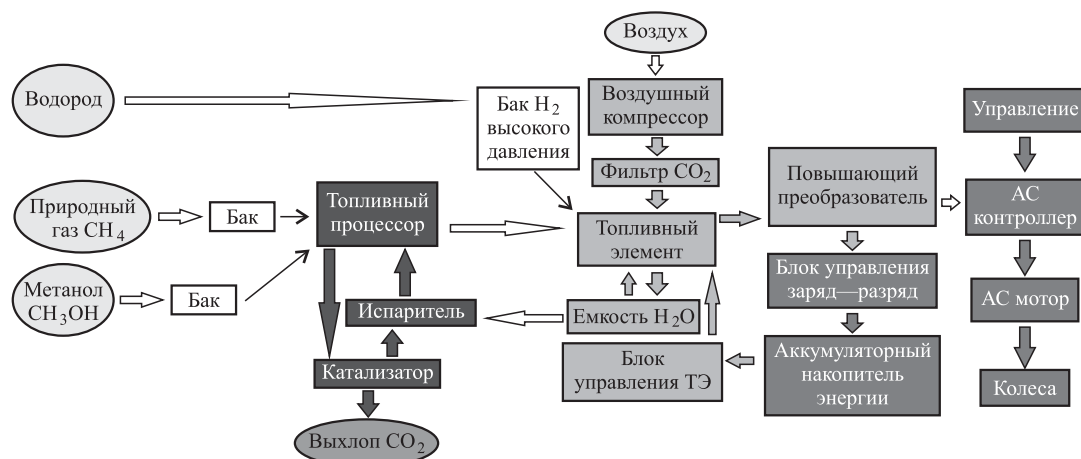


Рис. 1. Общая блок-схема возможного варианта реализации транспорта на ТЭ

Топливные элементы энергетически более эффективны, чем двигатели внутреннего сгорания, поскольку для ТЭ нет термодинамического ограничения коэффициента использования энергии [2]. Если рассматривать движение транспорта в условиях частичных нагрузок (городской цикл), то коэффициент полезного действия топливных элементов составляет 50 %, в то время как КПД двигателей внутреннего сгорания составляет 12...15 %. При использовании тепла и воды эффективность топливных элементов еще более увеличивается [2]. В отличие от, например, двигателей внутреннего сгорания, КПД топливных элементов остается очень высоким и в том случае, когда они работают не на полной мощности. Кроме этого, мощность топливных элементов может быть увеличена простым добавлением отдельных блоков, при этом КПД не меняется, т. е. большие установки столь же эффективны, как и малые. Эти обстоятельства позволяют очень гибко подбирать состав оборудования в соответствии с пожеланиями заказчика и в конечном итоге приводят к снижению затрат на оборудование. Еще одна особенность ТЭ состоит в том, что наиболее эффективны они при использовании одновременно как электрической, так и тепловой энергии [3]. С появлением идеи об использовании водорода как топлива перед исследователями водородной энергетики открылись широкие возможности. Большинство развитых стран сделали приоритетным направлением развитие водородной энергетики для широкого использования в повседневной жизни и производственных технологиях.

Общие тенденции и варианты развития водородного транспорта в России

Перспектива и путь развития транспорта на топливных элементах зависит, прежде всего, от геофизического расположения региона и наличия тех или иных энергоресурсов, так как производство водорода как источника энергии для топливных элементов, на данном этапе научно-технического развития является еще довольно энергозатратным. Таким образом, способ добычи и использования водорода определяет в первую очередь энергетическая сырьевая база региона.

Пример. Япония, страна, которая наиболее всех продвинулась в разработке водородных технологий, не имеет собственных углеводородных запасов, а после аварии на Фукусиме сдерживает развитие атомной энергетики, но при этом в по-

тенциале располагает альтернативными, природными энергоресурсами — солнце, ветер, энергия волн. Кроме того, планируется ввоз сжиженного водорода из Австралии, как самого перспективного региона по производству водорода. В связи с этим выбор пути развития в данном регионе однозначен — промышленное производство водорода методом электролиза, эксплуатация сжатого до 700 атм. водорода на транспортных средствах.

Таким образом, проанализировав все факторы, связанные с получением водорода и наличие ресурсов для его получения, можно наметить возможные основные пути развития транспорта на топливных элементах в России.

Классическая мировая схема

Производство водорода из доступных региональных ресурсов (ВИЭ, газ, уголь) — организация хранения — транспортировка и распределение по сети заправочных станций — заправка и эксплуатация ТС на сжатом водороде (рис. 2).

Несложно заметить, что сегодня уже имеется довольно развитая сеть действующих водородных станций в Европе, Америке, Японии и Китае, при этом там продолжают значительные инвестиции на государственном уровне для дальнейшего развития этой инфраструктуры.

Сравнительные плюсы и минусы этого пути развития в России:

— основным преимуществом на данном пути является унификация развития данного направления с мировыми странами, что, в свою очередь, будет способствовать более жесткой конкуренции и ускорению темпов развития данной отрасли;

— данная схема более перспективна, так как нацелена на использование ВИЭ и полный отказ от углеводородных видов топлива в долгосрочной перспективе;

— полное отсутствие вредных выбросов при эксплуатации;

— наличие в России относительно дешевого сырья для производства водорода — электроэнергия АЭС;

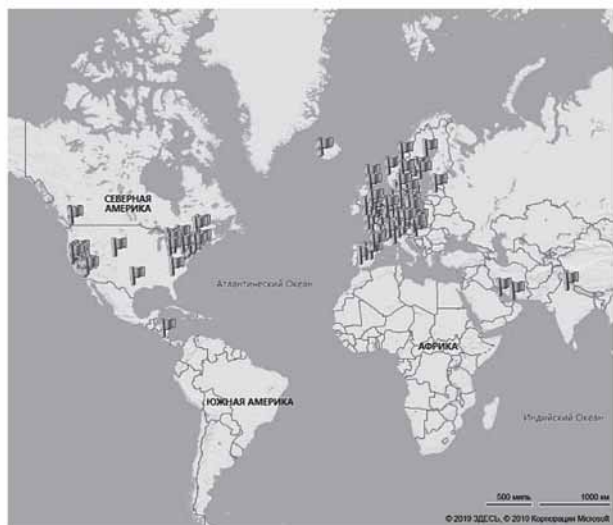
— наличие вредных выбросов при промышленном производстве водорода (пока самый экономически выгодный способ производства — паровой риформинг газа);

— требует создания и развития инфраструктуры заправочных станций, значительных капиталовложений;

— наличие на борту потенциально опасного компонента — водородный бак со сжатым газом.



а)



б)

Рис. 2. Карты действующих на сегодняшний день водородных заправочных станций

Транспорт на ТЭ (углеродное топливо)

Учитывая наличие развитой сети АГЗС и запасы газа в России, нельзя отрицать развития транспорта на ТЭ с топливным процессором на борту. Следует отметить, что в данном направлении уже проводились разработки на заводе АвтоВАЗ, но проекты АНТЭЛ-3 и АНТЭЛ-4 (на газе и бензине) реализовать не удалось. Финансирование проекта было приостановлено в 2004 г. в связи с трудным финансовым положением на заводе [5]. Однако экспериментальную установку, имеющую 70 л объема и 50 кг веса, удалось изготовить

совместными усилиями вазовцев и работников ядерного центра в Сарове.

Сравнительные плюсы и минусы этого пути развития в России:

- использование готовой структуры заправочных комплексов АГЗС;
- возможность перевода транспортных средств на чистый водород (замена топливного процессора на бак хранения водорода). С учетом совершенствования технологий связанного хранения водорода существует большая вероятность открытия промышленно приемлемого способа, с отказом от баков высокого давления;
- отсутствие в цепочке производства таких звеньев, как хранение и транспортировка водорода, позволяет избежать колоссальных расходов на создание и развитие инфраструктуры водородных заправочных станций;
- отсутствие на борту потенциально опасного компонента — водородный бак со сжатым газом;
- быстрый ввод в эксплуатацию транспортных средств на ТЭ;
- незначительные выбросы CO_2 в процессе эксплуатации.

Анализ вариантов развития

Несмотря на то что мировой путь развития более перспективен, он требует для своей реализации и развития значительной доли бюджетных средств. Для примера стоимость только одного автомобильного заправочного модуля порядка 80 млн руб. (по расчетам представителей "Газохим Инжиниринг"). В условиях дефицита бюджета сегодня он представляется трудноосуществимым. Пожалуй, финансирование — единственный весомый сдерживающий фактор в развитии водородной энергетики по этому пути. Еще один недостаток — наличие потенциально опасного бака высокого давления, но он уже нашел достойные технические решения с перспективой перехода на безопасное хранение водорода в связанном виде. Необходимо также учитывать еще один очень важный аспект — в настоящее время мировая энергетика начинает входить в период важных структурных изменений, связанных с увеличением доли ВИЭ и распределенной генерации в общем энергетическом балансе, при этих условиях важной составляющей будут являться способы сохранения энергии, водород в этом плане будет играть ключевую роль, как самый перспективный аккумулятор энергии [6].

По данным ежегодного отчета Bloomberg New Energy Outlook 2016 доля ВИЭ в общей выработке энергии к 2040 г. будет более 64 % [7].

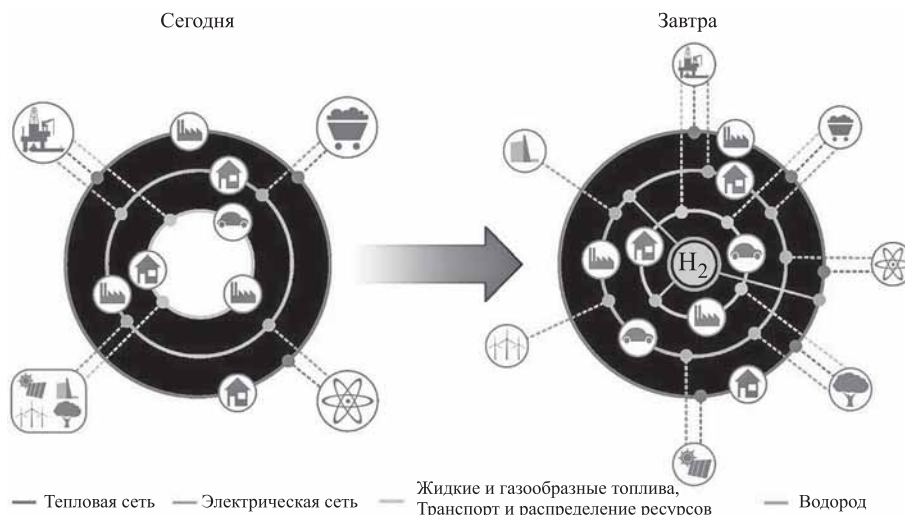


Рис. 3. Энергосистемы сегодняшнего и завтрашнего дня

Подтверждением данной версии являются международные научные исследования [8]. В настоящее время концепция Smart-Grid в основном рассматривается с точки зрения электрических сетей, хотя в будущем это будет объединение электрической, топливной и тепловой сетей. Международное энергетическое агентство рассматривает водород как связующее звено между этими сетями (рис. 3) [6]. В таком случае использование водорода как топлива на транспорте станет единственным экономически обоснованным вариантом.

Второй путь развития имеет слабые перспективы, но, учитывая весомые экономические преимущества, может быть реализован как промежуточный вариант на время сложного и долгого процесса развития водородной инфраструктуры, плюс ко всему он может заинтересовать инвесторов относительно быстрым вводом в эксплуатацию транспортных средств на ВТЭ и отсутствием капиталовложений для создания инфраструктуры.

Прогноз экономической эффективности транспорта на ВТЭ на примере погрузчика

Если говорить о перспективах развития водородного транспорта на ТЭ, на первое место выходят те позиции, которые уже сегодня имеют под собой экономическое обоснование. Если использование легкового и грузового транспорта на ТЭ пока носит, прежде всего, экологическо-имиджевый характер и нуждается в бюджетном субсидировании, то применение водородных погрузчиков уже имеет весомые экономические преимущества.

Связано это, прежде всего, со спецификой данной отрасли. Необходимость работы в закрытых помещениях и требование к нулевому выбросу вынуждает массово использовать аккумуляторную технику. В настоящее время наблюдается сильная тенденция к тому, что владельцы складских комплексов переходят от традиционных аккумуляторных электрических установок к более экологичным и экономически эффективным водородным топливным элементам (рис. 4).

Преимущества использования погрузчиков на ВТЭ:

1. *Повышенная производительность — меньше простоев.*

Электрические погрузчики с аккумуляторной батареей требуют периодической замены батарей



Рис. 4. Погрузчик с ВТЭ

в процессе работы. Эта замена может занимать до 30 мин каждый раз, когда это требуется в зависимости от размера батареи и настроек станции подзарядки. В режиме полного рабочего дня в зависимости от размера используемых батарей и от того, насколько тяжелой является рабочая нагрузка, может быть несколько периодов простоя из-за замены батареи.

Погрузчики, работающие на водороде, могут быть полностью заправлены топливом менее чем за 5 мин таким же образом, как и вилочные погрузчики внутреннего сгорания, что сокращает время простоев и увеличивает производительность.

2. Низкие входные затраты.

Цена на природный газ, из которого поступает водородное топливо, в настоящее время находится на рекордно низком уровне. Более низкие цены и повышенная доступность означает, что погрузчики, работающие на водороде, становятся жизнеспособной альтернативой для большего количества автопарков.

3. Меньший размер оборудования.

В зависимости от размера парка погрузчиков может потребоваться эксплуатация большого аккумуляторного цеха, чтобы поддерживать достаточное количество заряженных батарей и обеспечить непрерывную работу. Из-за большого и сложного оборудования, необходимого для зарядки батарей в больших масштабах, аккумуляторные комнаты часто занимают большое количество площадей на складах. Комнаты должны быть расположены в непосредственной близости от рабочего этажа, чтобы заменить батарею до окончания заряда. Это все уменьшает пространство для хранения товаров на складе. Водородным системам требуется компактный генератор водорода в помещении и дополнительное оборудование, которое можно хранить снаружи, таким образом обеспечивается меньшая занимаемая площадь и освобождаются складские площади для хранения дополнительного запаса.

4. Постоянный источник питания.

Аккумуляторные вилочные погрузчики испытывают снижение производительности в течение последних часов работы заряда, в отличие от водорода, топливные элементы которого не испытывают снижения производительности в течение всей смены.

5. Снижение воздействия на окружающую среду.

Водородные топливные элементы не производят вредных выбросов, так как единственными продуктами являются водяной пар и тепло.

Компании, которые приняли водородные топливные элементы, могут наблюдать значительное сокращение выбросов парниковых газов. Это сокращение может иметь решающее значение для социально ответственных компаний.

б. Сокращение затрат на утилизацию и замену.

В отличие от батарей, которые необходимо заменить после определенного количества циклов зарядки, обычно каждые 3—4 года, водородные топливные элементы необходимо заменять не менее чем через 10 лет. Свинцовые батареи сложны в утилизации из-за их конструкции и опасных материалов, используемых в их производстве. Все это может привести к дополнительным расходам компаний.

Эксплуатационные расходы

Компания Battelle (г. Колумбус, шт. Огайо) совместно с Министерством энергетики США провела исследование, целью которого было установить, насколько экономически выгодно применять топливные ячейки в напольном транспорте различных типов. В рамках исследования проведен опрос потребителей электроприводных средств напольного транспорта из разных сфер деятельности. Было обнаружено, что у пользователей транспортных средств, имеющих батарейное питание, есть некоторый уровень неудовлетворенности этим оборудованием. Наибольшее недовольство высказали потребители, которые интенсивно использовали свою технику, особенно распределительные центры розничных сетей. Особые нарекания вызывают большие временные потери, связанные с заменой АКБ. Сильное беспокойство с точки зрения обеспечения безопасности работ вызывает также возможность пролива кислоты из аккумуляторов и большой собственный вес АКБ.

Battelle рассмотрела и сравнила стоимость жизненного цикла двух типов промышленного транспорта: электротележек для транспортировки поддонов с поворотной рукояткой, сопровождаемых пешим оператором, и с сиденьем для оператора, которые непрерывно работали в пределах распределительного центра. Для тестов выбрали по одной модели каждого класса. К обеим машинам для обеспечения бесперебойной работы прилагалось по две аккумуляторные батареи. Исследователи заключили, что ведомые транспортировщики поддонов в настоящее время более конкурентоспособны для применения топливных элементов, чем устройства с сиденьем оператора (табл. 1).

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

Таблица 1

Сравнение затрат

Сравнительные стоимостные показатели транспортировщиков паллет с аккумуляторными батареями и топливными элементами, USD			
Параметр	Транспортировщик паллет с 3 АКБ	Транспортировщик паллет с 2 АКБ	Транспортировщик паллет с топливным элементом
Стоимость покупки	21 572	17 564	23 835
Затраты на поддержание машин в рабочем состоянии и энергоноситель (включая топливный элемент)	127 539	127 539	52 241
Полные затраты	149 111	145 193	76 075

Сравнительные стоимостные показатели штабелеров на АКБ с сиденьем оператора и топливными элементами, USD			
Параметр	Штабелер с 3 АКБ	Штабелер с 2 АКБ	Штабелер с топливным элементом
Стоимость покупки	44 429	39 497	63 988
Затраты на поддержание машин в рабочем состоянии и энергоноситель (включая топливный элемент)	76 135	76 135	65 131
Полные затраты	120 563	115 631	129 118

Анализируя эти данные, можно сделать заключение о том, что малая аккумуляторная техника уже сегодня не конкурентоспособна по сравнению с ВТЭ. С развитием технологического прогресса, массовым внедрением технологий ВТЭ в серийное производство, разница в стоимости будет только увеличиваться, переводя в раздел экономически выгодных более крупную технику.

Перспектива решения экологических проблем

Современная экономика, основанная на постоянно возрастающем потреблении ископаемых топлив, не имеет исторической перспективы в связи с ограниченностью ископаемых энергоресурсов и недопустимым загрязнением биосферы Земли. Население Земли удвоилось за последние 40—50 лет, при этом потребление энергии и количество транспортных средств в мире увеличилось почти на порядок. Численность городских жителей в нашей стране составляет 104 млн человек или примерно 75 % от всего населения. В Российской Федерации имеется 21 городской агломерат с населением более 1 млн чел., из них: Москва — 14,5 млн чел., Санкт-Петербург — 6,3 млн чел.

Массовым и экологически опасным потребителем углеводородных топлив являются городские транспортные средства. Автомобильный парк России — это более 33 млн транспортных средств. Автомобиль и его двигатель являются источником выделения около 200 различных химических соединений, прямо или косвенно ухудшающих экологическое состояние окружающей среды. Один литр пролитых на землю нефтепродуктов способен отравить 1 000 000 л воды в почве. В указанных крупнейших городах России эксплуатируется свыше 10 млн автомобилей (почти 1/3 всего парка). Доля автотранспорта в загрязнении окружающей среды мегаполисов, например, в Москве (более 3,2 млн машин) доходит до 80...85 %. Ежегодный прирост автомобильного парка Москвы превышает 200 тыс. единиц, а ежедневно из области в город приезжают 700...750 тыс. автомобилей. В дневные "часы пик" одновременно участвует в движении более 1 млн автомобилей со средней скоростью 24 км/ч и эффективным КПД двигателей внутреннего сгорания 12...17 %. В результате крайне низкой эффективности использования энергии топлива растет расход топлива и токсичность выхлопных газов. В год в атмосферу города поступает 1,5...2,0 млн т веществ,

опасных для здоровья и жизни людей (СО, СН_x, NO_x и другие токсичные соединения), т. е. по 150...200 кг на каждого москвича (sic!). Отмечается рост тяжелых заболеваний, в том числе среди детей и подростков, причины которых могут быть связаны с загрязнением окружающей среды. Автомобиль в крупных городах становится агрессивным конкурентом человека в борьбе за жизненное пространство! Учитывая тенденции развития событий, следует признать, что обеспечение благоприятной экологической обстановки, в первую очередь в мегаполисах и крупных городах России, становится для государства важнейшей социально-экономической задачей. Кардинальное решение экологических проблем обеспечивается при переводе автотранспорта с традиционных углеводородных моторных топлив на новый энергоноситель — водород и замене традиционных двигателей внутреннего сгорания на электрохимические энергоустановки с электроприводом колес автомобиля (табл. 2) [10].

Суммарный приведенный выброс равен сумме нормализованных выбросов, рассчитанных по уравнению $m_{пр} = \sum A_i m_i$, где m_i — выбросы i -х компонентов; A_i — индекс нормализации (A_i равно 1 для СО; 2 — для С_nН_m; 16,5 — для SO₂; 41 — для NO_x; 200 — для твердых частиц дизеля).

Пассивность в освоении и широком внедрении водородных технологий на транспорте приведет уже в обозримой перспективе к необратимому отставанию России в создании экологически безопасной автомобильной техники, при этом снижение сбыта моторных топлив на внешних рынках может привести к осложнениям и большим финансовым потерям для страны [10].

Одним из перспективных направлений решения экологической проблемы можно считать плазменную газификацию бытовых отходов. Этот способ позволяет достаточно эффективно решить сразу две большие проблемы — утилизации бытовых отходов и производства водорода из синтез-газа, образующегося в результате переработки ТБО. Возрастание в геометрической прогрессии количества промышленных, специальных и бытовых отходов заставляет сегодня всерьез задуматься над проблемой вывоза и утилизации мусора. Повсеместное использование данной методики утилизации может не только решить серьезную проблему, но и получить дешевые источники водородного топлива для развития сети водородных заправочных комплексов. В стандартных установках синтез газ используется для выработки электроэнергии, однако при изменении техпроцесса в сторону увеличения давления в камере сгорания возможно увеличение массовой доли выхода водорода и метана, что позволит избежать двойного преобразования и запастись энергией непосредственно в водороде. Россия имеет лучшие научные разработки в области плазменного пиролиза, поэтому есть все перспективы выйти в лидеры рынка по плазменной переработке ТБО и ликвидировать разрыв в отставании развития водородной заправочной сети.

Развитие транспорта на ВТЭ на фоне децентрализации энергетики

Энергосистемы России и зарубежных стран исторически развивались в похожей логике. Крупные электростанции сооружали обычно в удобных местах — в первую очередь там, где хватало воды и дешевого и доступного топлива.

Таблица 2

Воздействие энергоустановок на окружающую среду при использовании различных видов топлива

Выброс в атмосферу, г/кВт·ч	ТЭС, метан	Дизельные ДВС	Электроустановки на ВТЭ	
			СН ₄	Н ₂
SO ₂	0,1...0,001	2...4	0,0001...0,01	0
NO _x	1...2	1...8	0,03...0,1	0
С _n Н _n	1...3	2...4	0,1...0,01	0
СО	Следы	1...5	0,1	0
Твердых частиц	0,02...0,05	1...3,5	0...0,00001	0
Суммарный приведенный выброс	40...90	250...1020	2...5	0

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

Строительство станции было тем дешевле (в расчете на единицу мощности), чем она мощнее (эффект масштаба), поэтому средняя мощность станции постоянно росла, увеличившись с 1920-х до 1980-х гг. в 500 и более раз. Эти гиганты строились на большом удалении от городов и промышленных предприятий, а энергия к потребителям передавалась по разветвленным сетям общей длиной в десятки тысяч километров. Несколько десятилетий эта логика развития энергосистем оставалась неизменной. Централизованные энергосистемы успешно, надежно, по разумной цене обеспечивали потребителей электроэнергией. Но к концу XX века эффект масштаба перестал работать так хорошо, как это было в 1950-х. Катализатором изменений стала распределенная генерация — а именно появление в США и Европе в 1980-х новых технологий производства электроэнергии, которые позволили создавать недорогие и эффективные газовые электростанции небольшой мощности (в том числе производящие тепло). В те же годы был дан старт программам поддержки энергосбережения, управления спросом на электроэнергию. В начале XXI века началось бурное развитие возобновляемых источников энергии. Правительства стран Европы, США и других развитых стран, стремясь к безуглеродной энергетике и уменьшению зависимости от экспорта энергоресурсов, приняли долгосрочные программы поддержки возобновляемых источников энергии, после чего стоимость решений в области солнечной и ветряной энергетике упала в разы при существенном росте их технологической

эффективности. В результате, всего за 20—30 лет потребитель от ситуации детерминированного электроснабжения только от централизованной энергетики пришел к возможности выбора широкого спектра альтернативных решений. Масштаб произошедших изменений можно оценить на примере Дании (рис. 5) [11].

Централизованное энергораспределение, которое было эффективно на начальных стадиях развития энергосистем, потеряло свою значимость, требует значительных ресурсов на поддержание работоспособности распределительных сетей и накладывает отпечаток на конечных тарифах. Кроме того, значительные потери транспортировки энергии по высоковольтным линиям делают централизованные сети неконкурентоспособными по сравнению с современными средствами малой когенерации. Россия в этом плане имеет существенные отличия от остальных стран, что, в свою очередь, сильно сдерживает процесс децентрализации. Это дешевый и доступный природный газ, холодный климат и доставшаяся нам "в наследство" с советских времен крупнейшая в мире надежная централизованная энергосистема, благодаря которой Россия пережила череду кризисов конца XX века и времена тотальных неплатежей практически без масштабных аварий в электро- и теплоснабжении — при минимальных по нищете тех лет затратах на обновление и даже на ремонт. Тем не менее время идет, оборудование изнашивается, технологии "новой распределенной энергетики" начинают проникать и в Россию, это неотвратимый процесс энергетического развития [11].

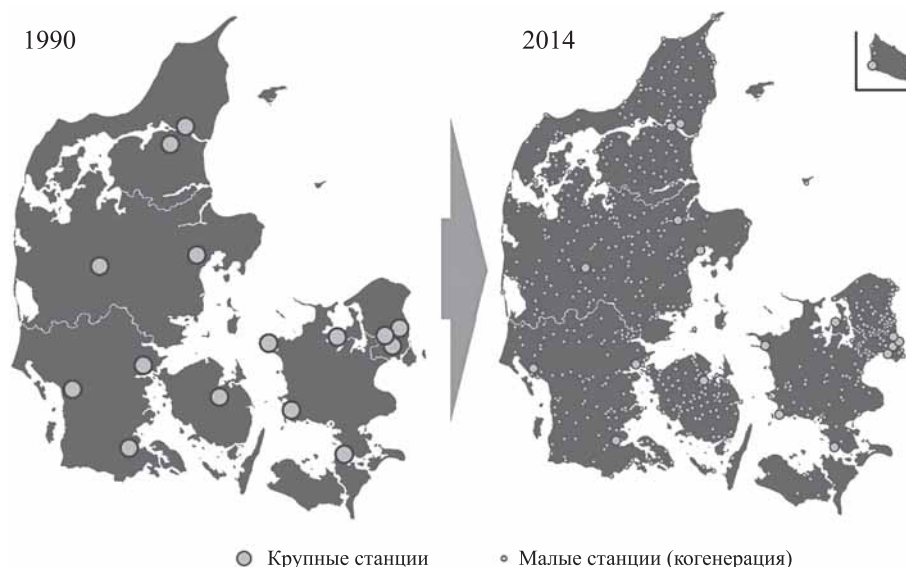
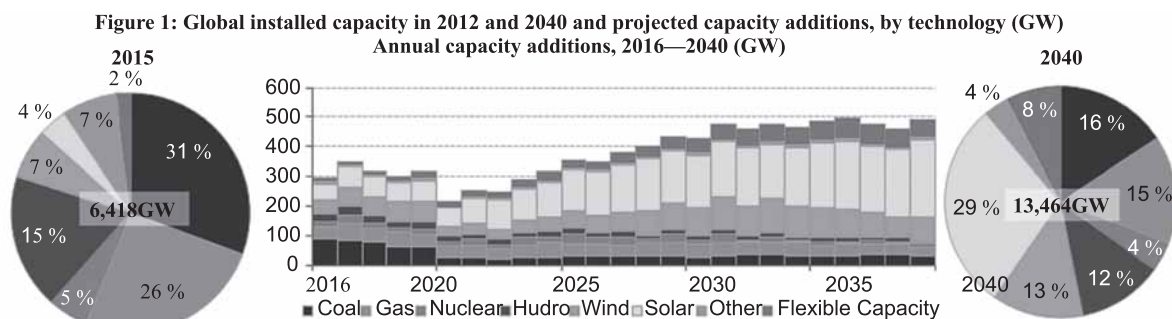


Рис. 5. Развитие сети миниТЭЦ в Дании



Source: Bloomberg New Energy Finance. Note: Flexible capacity includes power storage, demand response, and other potential resources.

Рис. 6. Прогноз доли источников энергии в общем объеме производства 2015—2040 гг.

Таким образом, складывается общемировая тенденция децентрализации энергетики, при этом значительно увеличивается доля ВИЭ в общем производстве энергии, вместе с этим учитывая нестабильность возобновляемых источников растет значимость водорода как экологичного и эффективного средства аккумулирования энергии.

По данным ежегодного отчета Bloomberg New Energy Outlook 2016 г. доля ВИЭ в общей выработке энергии к 2040 г. будет более 64 % (рис. 6).

В этих условиях применение водорода в качестве топлива для транспортных средств станет неизбежной экономически оправданной реальностью.

Выводы

Переход транспортных средств на ВТЭ является жизненно важной, неизбежной необходимостью, подтвержденной экономическими и экологическими факторами. Прогрессивное движение в развитии этого направления в ряде ведущих стран является очередным доказательством этого утверждения.

Анализируя накопленный научно-технический потенциал в отечественной исследовательской практике, основанный на успехах конкретных технических решений по применению отдельных видов водородных энергоресурсов в сфере транспортной энергетики, можно сделать вывод, что, несмотря на существующие финансовые и технологические трудности отрасли, есть потенциальная возможность реального вхождения в ближайшие годы подобных энергоресурсов в энерготехнологическую структуру российского транспорта [12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Распространенность элементов** / Франк-Каменецкий Д. А., Надежин Д. К. // Физика космоса: Маленькая энциклопедия / Редкол.: Р. А. Сюняев (Гл. ред.) и др. — 2-е изд. — М.: Советская

энциклопедия, 1986. — С. 565—567. — 783 с. — 70 000 экз.

2. **Основные принципы** работы топливного элемента // Metallurgist.pro Научно-технический портал, URL: <https://metallurgist.pro/osnovnye-printsipy-raboty-toplivnogo-elementa/> (дата обращения: 12.11.2020).
3. **Бродач М. М., Шилкин Н. В.** Использование топливных элементов для энергоснабжения зданий. Часть 1 // Некоммерческое партнерство инженеров АВОК, URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2340 (дата обращения: 12.11.2020).
4. **Справочная:** как работают водородные автомобили и когда они появятся на дорогах // habr.com, URL: <https://habr.com/ru/post/450886/> (дата обращения: 12.11.2020).
5. **Кишкурно И.** Назад в будущее: АНТЭЛ — Lada на топливных элементах // kolesa.ru, URL: <https://www.kolesa.ru/article/nazad-v-budushee-antjel-ladana-toplivnyh-jelementah-2015-01-09> (дата обращения: 12.11.2020).
6. **Водородные** энергетические технологии: Материалы семинара лаборатории ВЭТ ОИВТ РАН: сб. науч. тр. / редкол.: Д. О. Дуников (отв. ред.) [и др.]. — М.: ОИВТ РАН, 2017. — Вып. 1. — 190 с. URL: <https://www.bloomberg.com>
7. **Zhang X. et al.** Towards a smart energy network: The roles of fuel/electrolysis cells and technological perspectives, International Journal of Hydrogen Energy (2015) DOI: 10.1016/j.ijhydene.2015.03.133
9. **Fuel Cell Technology** // Alice RTDI Consortia Ltd, URL: <https://www.alice-rtdi.fi/technology/> (дата обращения: 12.11.2020).
10. **Коротеев А. С., Смоляров В. А.** Водородные технологии на транспорте — стратегическое решение экологических проблем крупных городов и мегаполисов. Объединенный симпозиум в рамках проекта АТЭС "Энергетические связи между Россией и Восточной Азией: стратегии развития в XXI веке", Иркутск, 30 августа — 2 сентября 2010 г., Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН.
11. **Мельников Ю. В.** Децентрализация энергетики // Независимая газета URL: https://www.ng.ru/ng_energiya/2017-12-12/10_7134_energy.html (дата обращения: 12.11.2020).
12. **Фомин В. М.** Перспективы отдельных видов альтернативных энергоресурсов в сфере освоения водородной энергетики на отечественном транспорте // Транспорт на альтернативном топливе. — 2014. — № 3 (39). — С. 23—33.

Д. А. Семенов, магистрант, e-mail: pundonpff@yandex.ru,

П. С. Минакова, канд. пед. наук, e-mail: serpolik@mail.ru,

И. А. Чичик, магистрант, e-mail: chichik.ia.sen@gmail.com,

Политехнический институт, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМЕННОГО РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭКСКАВАТОРА

Увеличение номенклатуры сменного рабочего оборудования для гидравлических одноковшовых экскаваторов позволяет существенно расширить область их применения, повысить эффективность использования, а также мобильность этих машин. Целью исследования является разработка конструкции сменного рабочего оборудования, монтируемого на гидравлический одноковшовый экскаватор, для разработки мерзлых грунтов в условиях города Владивостока. Основные задачи исследования — выполнение анализа мерзлых грунтов Приморского края, изучение существующих конструкций сменного рабочего оборудования, выбор компоновочной схемы для дальнейшего расчета конструкции, а также оценка экономической целесообразности производства для предлагаемой конструкции сменного рабочего оборудования у гидравлического экскаватора, применяемого при разработке мерзлых грунтов в городе Владивостоке.

Ключевые слова: экскаватор, сменное оборудование, мерзлый грунт, городские условия, ротационная фреза, виброриппер, виброрыхлитель, гидромолот, ковш-рыхлитель, клык-рыхлитель, захватно-клещевой рабочий орган.

Increasing the range of replaceable working equipment for hydraulic single-bucket excavators allows to expand the scope of application significantly, increase the efficiency of its usage, as well as the mobility of these machines. The purpose of the study is to design working equipment replacement items, used for hydraulic single-bucket excavator for digging frozen soils in the city Vladivostok. The main tasks of the study are to analyze frozen soils in the region and their existing structures, select a layout scheme for further design calculation, evaluate the economic feasibility of the proposed hydraulic excavator working equipment design replacement items, used for digging frozen soils in Vladivostok city.

Keywords: excavator, replacement equipment, frozen ground, urban conditions, rotary mill, vibro-ripper, hydraulic hammer, bucket-ripper, tusk-ripper, gripper-tongs working body.

Важнейшим этапом строительства является проведение земляных работ с применением землеройно-транспортных машин. Земляные работы выполняются комплексно, с применением комплектов строительных машин. При этом одноковшовые экскаваторы являются ведущими машинами в комплекте, так как обеспечивают фронт работ и производительность всего комплекта [1]. Наибольшую сложность представляют земляные работы, выполняемые на городских территориях, осуществляемые в стесненных условиях, которые накладывают свой "отпечаток" на технологический процесс производства работ. В настоящее время до 70 % земляных работ ведутся одноковшовыми экскаваторами [2]. Одним из наиболее

сложно разрабатываемых материалов является мерзлый грунт.

Главная особенность выполнения земляных работ в зимнее время — это снег и лед. Выполнение земляных работ в зимний период позволяет продлевать сезон строительства, повышая темпы строительства, и равномерно используются тем самым рабочие средства механизации [3].

На большей территории Приморского края преобладают связные грунты вида супесей, суглинков в разных их проявлениях и с разным гранулометрическим составом. В соответствии с СП 131.13330.2012 [4] можно сделать вывод, что весь Приморский край на всем его протяжении в холодное время года покрывают сезонно-мерз-

лые грунты. Образование льдоцементных связей в разных районах края начинается с начала ноября, а оттаивание — в первой половине марта. Наибольшая глубина промерзания достигается в феврале.

В Приморском крае нельзя однозначно сказать о том, что чем севернее находится населенный пункт, тем ниже в нем среднемесячная температура и больше глубина промерзания грунта. Среднемесячные температуры в зимнее время в некоторых местах говорят об обратном. Это обусловлено рельефом местности, а также близостью расположения к морю.

Так, в г. Владивостоке максимальная глубина промерзания в метрах составляет 1,51; в Краскино — 1,22; Анучино — 1,9; Артем — 1,56; Арсеньев — 1,76; Уссурийск — 1,79; Находка — 1,42; Преображение — 1,20; Шмаковка — 1,93; Ольга — 1,44; Терней — 1,54; Спасск-Дальний — 1,78; Дальнереченск — 1,99; Дальнегорск — 1,46; Посыет — 1,12.

Исходя из вышенаписанного можно сделать вывод о том, что разработка мерзлых грунтов на территории Приморского края носит сезонный характер и требует их предварительной подготовки, а конкретнее — рыхления или оттаивания.

За последние годы навесное оборудование активно модернизировалось, а его ассортимент сильно расширился [5]. Для разработки мерзлого грунта на одноковшовый гидравлический экскаватор устанавливается несколько видов сменного рабочего оборудования, наиболее используемые из них: ковш-рыхлитель, зуб-рыхлитель и гидромолот.

Разработка мерзлых грунтов во множестве случаев (более 80 %) ведется механическим способом [6], и в 60 % случаев ведется строительными одноковшовыми гидравлическими экскаваторами (далее — экскаватор) различных размерных групп в зависимости от прочности разрабатываемого грунта и объемов работ [7].

Большинство экскаваторов от производителя поступают в продажу со стандартным рабочим оборудованием в виде обратной лопаты в универсальном или усиленном виде, которым может разрабатываться грунт третьей категории при наибольшей глубине копания, обусловленной геометрическими параметрами самой машины. С таким рабочим оборудованием, к примеру, экскаватор третьей рабочей

группы весом от 10 до 18 т и объемом ковша до 0,65 м³ может разрабатывать грунт при глубине его промерзания не более чем 0,25 м.

При большей глубине требуется или предварительно рыхлить грунт другими машинами, или использовать иные методы рыхления, среди которых наиболее распространен взрывной метод [8].

Также существует возможность использования сменного оборудования для экскаватора, предназначенного для рыхления или одновременного рыхления-копания мерзлого грунта. Среди такого оборудования могут быть: ковш-рыхлитель, захватно-клещевой рабочий орган; клык-рыхлитель разных конструкций, гидромолот и т. д.

Все вышеперечисленное оборудование имеет три существенных недостатка: недостаточную точность и аккуратность проведения работ, крупность фракции после разработки грунта, негативное воздействие на окружающие объекты. Эти недостатки устранены в таком оборудовании, как роторные проходческие фрезы, устанавливаемые на одноковшовые гидравлические экскаваторы различных типоразмеров [7].

Из всех рассмотренных вариантов наиболее совершенной конструкцией является ротационная проходческая фреза для разработки мерзлых грунтов.

Создание и разработка новых конструкций ротационных фрез не может обойтись без опоры на уже имеющуюся патентную информацию. В противном случае разработка такого рабочего оборудования с нуля будет требовать больших денежных и временных затрат.

Исходя из проведенного патентного анализа можно сделать вывод о том, что ротационные фрезы, устанавливаемые на гидравлические экскаваторы, произошли от проходческих комбайнов, работающих в горных условиях [9, 10].

На основе анализа патентной документации можно выделить два основных направления исследований (рис. 1).



Рис. 1. Классификация ротационных гидравлических фрез

Во фрезях с передаточным устройством гидромотор располагается соосно с выходным валом, вертикально, в верхней части корпуса в непосредственной близости с предохранительным блоком, а вращательное движение к барабану с установленными резцами передается посредством конической передачи [11].

Ротационные фрезы с прямым приводом барабана от гидромотора подразделяются по количеству приводных моторов. Наиболее часто используется компоновка с приводом двух барабанов от сквозного вала одного гидромотора [12], расположенного в нижней части корпуса фрезы, между барабанами. Двухмоторная компоновка [13] практически не используется из-за сложности конструкции.

Проведя анализ существующих конструкций ротационных фрез, было принято решение: в дальнейшем, в работе придерживаться концепции развития одномоторных двухбарабанных фрез с расположением мотора в нижней части корпуса между барабанами. Объясняется это тем, что коэффициент полезного действия в такой компоновке выше из-за отсутствующих зубчатых передач [14].

Для проектирования гидрофрезы был выбран одноковшовый полноповоротный гидравлический экскаватор Komatsu PC130-8 [15]. Двигатель в данной модели — дизельный водяного охлаждения с прямым впрыском топлива и турбонаддувом. Полезная мощность двигателя по ГОСТ 30687—2000 [16] — 68,4 кВт (93 л. с.). Гидравлическая система с закрытым центром и клапанами измерения нагрузки. Главный гидравлический насос поршневого типа переменной производительности. Давление в контуре рабочего оборудования достигает 31,9 МПа (325 кг/см²). Максимальная скорость передвижения 5,5 км/ч. Ходовая часть — гусеничная с гидравлическим натяжителем.

В соответствии с документацией, представленной производителем на экскаватор Komatsu PC130-8 [15], на данную модель устанавливается один поршневой гидравлический насос переменной производительности, питающий все гидрооборудование. Максимальный расход данного насоса составляет 241 л/мин, а максимальное рабочее давление в контуре рабочего оборудования составляет 31 МПа.

Максимальный расход гидромотора привода ротационной фрезы для дальнейших расчетов приняли равным 85 %, т. е. 205 л/мин от общего расхода. Объясняется это наличием смежных процессов, таких как перемещение рабочего оборудования, поворот платформы и пр.

Требования предъявляемые к гидромотору:

1) мотор должен быть оснащен сквозным валом либо дополнительно присоединяемым механическим модулем.

2) рабочая скорость должна быть от 120 до 220 об/мин.

Исходя из этих данных для проекторочного расчета принят низкооборотный высокомоментный героторный гидромотор Poclain hydraulics, модели MP-11 [17], характеристики которого представлены в табл. 1.

Данный мотор выгодно отличается от похожих, благодаря парно установленным с каждой стороны коническим подшипникам, что позволяет ему выдерживать большие нагрузки.

Исходя из имеющихся характеристик, найдено максимальное потребление гидромотора в единицу времени:

$$Q_M = \frac{V_M N_M}{1000} = \frac{1048 \cdot 185}{1000} = 193,8 \text{ л/мин}, \quad (1)$$

где V_M — объем гидравлической жидкости, вытесняемой гидромотором за 1 оборот, см³/об; N_M — максимальная частота вращения, об/мин; Q_M — максимальное потребление гидромотора, л/мин.

Приняли $Q_M = 194$ л/мин.

Для дальнейших расчетов требуется знать диаметр приводного барабана. Основываясь на опыте ведущих иностранных производителей роторных фрез [18—20], можно выделить три основных типоразмера барабанов для базовых машин весом от 9 до 16 т, с диаметрами: 400, 500 и 600 мм. Для расчета приняли среднее значение в 500 мм.

Таблица 1

Основные технические характеристики гидромотора Poclain MP-11

Модель	MP-11
Геометрический объем, см ³ /об	1048
Номинальный крутящий момент, Н·м	7500
Макс. давление, МПа	45
Макс. частота вращения, об/мин	185
Макс. мощность, кВт	50
Диаметр A , мм	295
Длина L , мм	511
Длина выходных валов, мм	110
Диаметр выходных валов, мм	75
Масса, кг	80

Учитывая, что длина каждого из выходных валов равняется 110 мм, а общая длина гидромотора 511 мм, то длина корпуса механической части гидромотора равняется 291 мм.

Также исходя из опыта ведущих производителей [18–20], для расчета приняли среднюю общую длину двух барабанов, равную 600 мм, т. е. по 300 мм каждый из барабанов.

Таким образом, крутящий момент на каждом из приводных барабанов ввиду их жесткой связи равняется:

$$M_{\kappa}^{\delta} = \frac{F_t^M D_{\delta}}{2} = \frac{200\,000 \cdot 300 \cdot 10^{-3}}{2} = 30\,000 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (2)$$

где D_{δ} — диаметр приводных валов фрезы, мм.

Для определения крутящего момента и усилия на грунт, создаваемого непосредственно рыхлительным элементом — зубом (резцом) с твердосплавной коронкой, необходимо определиться с их конструкцией и геометрическими размерами.

По результатам анализа имеющихся наработок производителей как землеройных машин, так и специальных машин для горной промышленности, а также на основе патентного поиска [9–13, 21–26], связанного с резами для горнодобывающих машин, было принято решение использовать наиболее часто применяемый вид реза, конусный, с твердосплавной коронкой, способной разрабатывать породы с прочностью при одноосном сжатии до 100 МПа. Данный вид реза является распространенным, что в дальнейшем упростит их замену по мере износа.

Общее количество резов, устанавливаемое на один барабан Z_p , приняли 27 шт. В таком случае количество резов, одновременно участвующих в забое Z_p° , равняется 6 шт.

Резец закрепляется в резцедержатель [21], а резцедержатель, в свою очередь, приваривается к барабану (рис. 2).

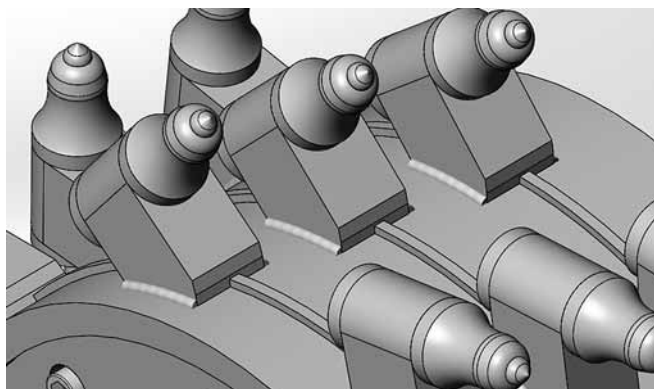


Рис. 2. Сварное соединение резцедержатель—барабан

Условия прочности соединения резцедержатель — барабан:

$$[\sigma^I] \geq \sigma^I, \quad 220 \geq 80, \quad (3)$$

$$[\sigma^{III}] \geq \sigma^{III}, \quad 340 \geq 114, \quad (3)$$

где $[\sigma^I]$ — допустимое суммарное напряжение металла границы сплавления при сварке электродом Э42А [17]; $[\sigma^{III}]$ — допустимое суммарное напряжение металла шва при сварке электродом Э42А [17].

Условия выполняются, следовательно, барабан с резцедержателем сохранят свою целостность.

Для определения возможности разрушения мерзлого грунта, а именно суглинка, в связи с его наибольшим распространением в г. Владивостоке и его близлежащих территориях (до 100 км) необходимо знать давление, создаваемое одним резцом, при его взаимодействии с грунтом. Временное сопротивление суглинка сжатию при температуре минус 15 °С равно 6 МПа, следовательно, давление, создаваемое каждым резцом, должно быть выше, чем это значение, если не брать в учет блокированность резания.

В начальной стадии разработки грунта, при заглоблении резов в мерзлый грунт происходит блокированное резание, после, при установившемся процессе резания, у крайних резов барабанов происходит полублокированное резание и у средних резов деблокированное. Таким образом, в соответствии с данными, приведенными в табл. 1, можно принять среднее удельное сопротивление резанию P_x , равное 70 % от максимального значения.

Давление, создаваемое каждым резцом, напрямую зависит от площади воздействующей плоскости и усилия, приложенного к резцу. В качестве воздействующей плоскости была принята плоскость в сечении, расположенная на уровне присоединения твердосплавной коронки к телу реза.

Условие выполнения резания:

$$P_p \geq \sigma_p^{сж}, \quad 8,5 \geq 4,2. \quad (5)$$

Условие выполняется. При этом имеется запас по создаваемому давлению на грунт, немного больше, чем в 2 раза, что дает возможность наиболее эффективно разрабатывать непосредственно мерзлые суглинки и некоторые более прочные грунты, с временным сопротивлением сжатию до 8,5 МПа.

Важным эксплуатационным показателем практически любого сменного оборудования, в том

числе и роторной фрезы, является производительность.

Производительность данного оборудования зависит от множества факторов, таких как: прочность грунта, толщина снимаемой стружки, технологическая схема выполнения работы, уровень изношенности резцов и пр.

Таким образом, наиболее целесообразным будет определить максимальную теоретическую производительность при наибольшем заглублении и наибольшей скорости подачи фрезы.

Наибольшее заглубление определяется расстоянием от режущей кромки резца до верхней точки разрушающей плоскости. В таком случае подача фрезы на один ряд резцов равняется наибольшему заглублению.

Максимальная теоретическая производительность равняется:

$$\Pi_T = 2l_6 h_{\max} S \cdot 60 = 2 \cdot 300 \cdot 10^{-3} \cdot 27 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 60 = 8 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6)$$

где l_6 — длина приводного барабана, мм; h_{\max} — наибольшее заглубление резца, мм.

Исходя из вышеприведенных проектировочных расчетов и принятых значений различных параметров была спроектирована объемная модель (рис. 3, 4) в программе SolidWorks с учетом размеров различных комплектующих, представляемых производителями.

Данная роторная фреза может устанавливаться на различные экскаваторы от третьей размерной группы и выше, при грузоподъемности на максимальном вылете свыше тонны и с максимальным рабочим давлением в линии рабочего оборудования до 45 МПа, что ограничивается предельным давлением работы гидравлического двигателя.

Приблизительные затраты на покупку комплектующих и выполнение работ для создания роторной проходческой фрезы приведены в табл. 2.

Суммарные приблизительные затраты на производство одной ротационной фрезы могут значительно отличаться от приведенных в табл. 3, связано это с наличием либо отсутствием конкретных комплектующих, возможностью использования разных поставщиков. Также при производстве может использоваться другой исполнитель работ.

При анализе рынка строительного оборудования использовались открытые источники с актуальными ценами на июнь 2020 г. Наибольшая активность по продажам отмечается в Германии и Италии.

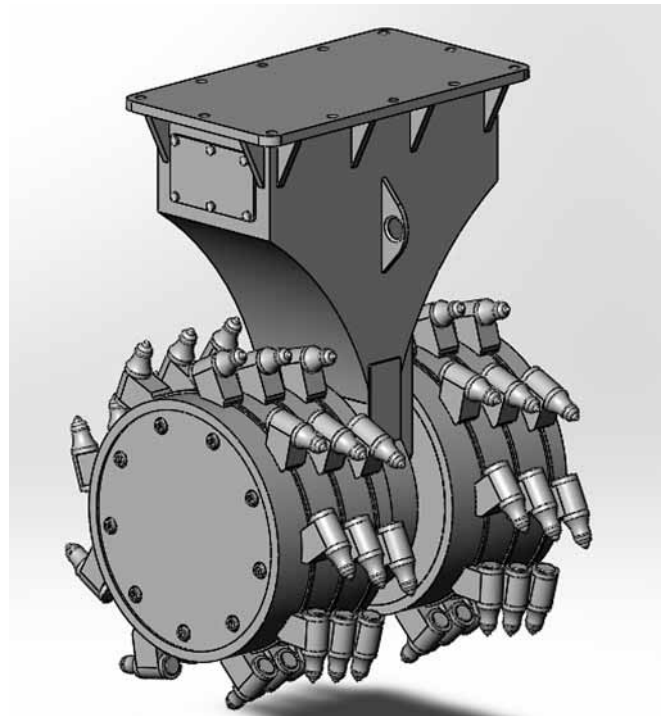


Рис. 3. Роторная фреза

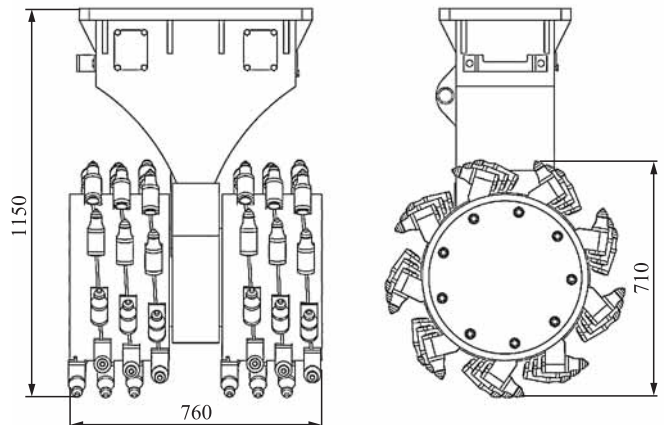


Рис. 4. Габаритные размеры роторной фрезы

Объявления о продаже и аренде ротационных фрез на территории России в свободном доступе отсутствуют. На иностранных площадках предлагаются проходческие фрезы в ценовом диапазоне от 0,77 млн руб. за фрезу низшего размерного класса и до 2,75 млн руб. за фрезы среднего размерного класса. Результаты анализа представлены в табл. 3.

Исходя из расчета приблизительной стоимости фрезы можно сделать вывод об экономической нецелесообразности приобретения фрезы зарубежных производителей. В данной работе предлага-

СПЕЦТЕХНИКА

Таблица 2

Приблизительные затраты на изготовление фрезы

№ п/п	Наименование статьи затрат	Количество	Стоимость, руб.
1	Лист металла для изготовления корпуса (Ст45 s30 мм). Лист площадью 0,6 м ²	1	4000
2	Труба горячекатаная 2600×500×20, 09Г2С — основа приводного барабана (часть трубы длиной 600 мм)	1	8500
3	Резцедержатель	54	7300
4	Резец с установочной шайбой	54	45 000
5	Лист металла (ст5, s5 мм) для изготовления футеровки, смотровых лючков, защиты гидравлических коннекторов (требуется 0,2 м ²)	1	500
6	Лист металла (09Г2С, s40 мм) для изготовления присоединительной плиты	1	1300
7	Лист металла (Ст45, s14 мм) для изготовления усиленных, крышек барабанов и транспортировочной проушины 0,7 м ²	1	3900
8	Лист металла (Ст45, s60) для изготовления крепежной пластины гидромотора 0,2 м ²	—	1400
9	Гидромотор Poclain Hydraulics MP-11	1	320 000
10	Винт M12x55 DIN912	18	360
11	Винт M16x60 DIN912	12	480
12	Рукав высокого давления	2	2900
13	Выплаты исполнителю	—	70 000
Суммарные приблизительные затраты			465 640

Таблица 3

Стоимость роторных проходческих фрез на мировом рынке

Марка, модель, страна продажи	Год выпуска, состояние	Стоимость, млн руб.
Erkat ER-800-1, Германия	2008, б/у	1,55
LST SC 65, Германия	2010, б/у	2,4
SF-20T, КНР	2010, б/у	1,6
DRUMCUTTER R-2000, США	2017, б/у	2,75
Simex Minifr@skopf f. 1-3to. Bagger, Германия	2017, новый	0,77
Erkat ER 1200-1 Германия	2009, б/у	1,8
Simex TF 600, Италия	2017, б/у	2,5

ется фреза средней размерной группы стоимостью 465 640 руб., в свою очередь, стоимость фрезы низшей размерной группы от производителя Simex составляет 770 000 руб., без учета доставки в Россию к месту эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Треногин Е. О.** Патентные исследования возможных конструкций рабочего оборудования одноковшового экскаватора / Е. О. Треногин, С. И. Вахрушев // *Современные технологии в строительстве, теория и практика.* — 2016. — Т. 2. — С. 303—311.
2. **Верхотурова Д. А.** Расширение функциональных возможностей экскаватора использованием съемных захватов / Д. А. Верхотурова, Д. А. Семенов, И. А. Чичик // *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации.* — 2019. — № 3. — С. 23—28.
3. **Аитова М. В.** Процесс производства земляных работ в зимних условиях // *Тенденции развития науки и образования.* — 2018. — Т. 1, № 37-6. — С. 55—56.
4. **СП 131.13330.2012.** Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
5. **Олейник А. А.** Обслуживание и ремонт навесного оборудования экскаватора. — 2017. — № 1. — С. 2219—2224.
6. **Нилов В. А.** Обоснование применения ковша активного действия для гидравлического экскаватора. — 2017. — № 1. — С. 222—227.
7. **Чичик И. А.** Анализ существующих конструкций сменного рабочего оборудования, устанавливаемого на гидравлический экскаватор, для разработки мерзлых грунтов в условиях городской застройки. — 2020. — Т. 3. — № 10. — С. 168—180.
8. **Тихонов А. Ф.** Анализ развития методов и машин для разработки тяжелых и мерзлых грунтов. — 2011. — № 8 (806). — С. 28—28.
9. **Choi Soon-wook-Jang-Su-ho Lee-Cheol-ho Kang-Tae-ho.** Patent KR 101933917 B1, 05.04.2019.
10. **Пат. 1239311** СССР, МПК E21C 25/10, E21C 25/04. Исполнительный орган горного комбайна / Н. Г. Бойко; А. В. Болтян; И. А. Горобец, В. Г. Шевцов, В. Г. Нечпаев; заявитель и патентообладатель Бойко Николай Григорьевич. — № 3832757; заявл. 25.12.1984; опубл. 23.06.1986. Бюл. № 23. — 2 с.
11. **Robert W. Cribb, Norman R. Cribb, David G. Slade.** Patent US 6626500 B1, 30.09.2003.
12. **Salzgitter Maschinen.** Patent DE 2037317 A1, 10.07.1974.
13. **Azoline, Guido Azoline, Diego** Patent JP 2018503760 A, 08.02.2018.
14. **Каргин П. А.** КПД и потери мощности эвольвентного зацепления. — 2012. — № 7. — С. 10—12.
15. **Komatsu Ltd.** Официальный сайт — Режим доступа: <https://www.komatsu.ru/catalog/stroitel'naya-i-gornaya-tekhnika/ekskaeratory/pc130-8/> (Дата обращения: 15.05.2020).
16. **ГОСТ 30687—2000.** Правила испытания двигателей. Полезная мощность. — Введен впервые; введ. 2002-01-01. — Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: ИПК Издательство стандартов, сор. 2001. — 27 с. — (Машины землеройные).
17. **Каталог гидравлических моторов Poclain Hydraulics.** — Режим доступа: <http://www.poclain-hydraulics.ru/ru/products/motors/> (дата обращения: 27.05.2020).
18. **Гидравлические фрезы Terex Deutschland GmbH.** — Режим доступа: http://terex.tpas.ru/images/catalog_d/gidravl_frez.pdf (дата обращения: 27.05.2020).
19. **Cutter heads Simex.** — Режим доступа: <https://www.simex.it/en-gb/products/tf-cutter-heads> (дата обращения: 27.05.2020).
20. **Drum cutter MB CRUSHER** — Режим доступа: <https://www.mbcrusher.com/us/us/products/drum-cutter> (дата обращения: 29.05.2020).
21. **Пат. 2018659** Россия, МПК E21C 35/183, E21C 35/18. Резец горной машины для разрушения преимущественно крепких пород / Храпов Ю. Г., Костюнин Е. А., Цыбулько Л. В.; заявитель и патентообладатель ЦНИИПОДЗЕМ-МАШ. — № 5005420/03; заявл. 11.09.1991; опубл. 30.08.1994. — 5 с.
22. **Пат. 2126086** Россия, МПК E21C 35/183. Резец для горных машин / Бондарев К. Д.; заявитель и патентообладатель Бондарев Константин Дмитриевич. — № 97113403/03; заявл. 05.08.1997; опубл. 10.02.1999. — 10 с.
23. **Пат. 2448247** Россия, МПК E21C 35/18. Составной резец для горных машин / Болобов В. И.; Габов В. В.; Талеров М. П.; Талеров К. П.; заявитель и патентообладатель СПБГУ им. Г. В. Плеханова. — № 2010148945/03; заявл. 30.11.2010; опубл. 20.04.2012, Бюл. № 11. — 9 с.
24. **Пат. 54093** Россия, МПК E21C 35/18. Разъемный поворотный резец для горных комбайнов / Прокущенко С. И.; Калинин В. В.; Дворников Л. Т.; заявитель и патентообладатель ООО "Горный инструмент". — № 2005118611/22; заявл. 15.06.2005; опубл. 10.06.2006. — 3 с.
25. **Chen Guangyi.** Patent CN 105257289 A, 20.01.2016.
26. **Duan Hongxia, Sun Jianyong, Sun Dan, Sun Jinguang.** Patent CN 201546725 U, 11.08.2010.
27. **Robert W. Cribb, Norman R. Cribb, David G. Slade.** Patent US 6626500 B1, 30.09.2003.

ИНФОРМАЦИЯ

ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

УДК 629.331

А. С. Климнов, обозреватель журнала "Грузовик", г. Москва, e-mail: sklimnov@yandex.ru

РОССИЙСКИЙ АВТОПРОМ И РЫНОК В III ПОЛУГОДИИ 2020 Г.

Производство грузовых автомобилей в России по данным ОАО "АСМ-холдинг" за январь—сентябрь 2020 г. сократилось на 17,4 % и составило 90,1 тыс. включая шасси для спецтехники, самосвалы, а также легкие коммерческие транспортные средства (LCV). Иномарки российского производства упали ниже рынка — на 25,5 %, до 15,8 тыс. Продажи автобусов за 9 месяцев остались в минусе, хотя производство за полугодие выросло на 1/9.

Ключевые слова: производство, падение продаж, коронавирус, грузовые автомобили, шасси, самосвал, иномарки, микроавтобусы, автобусы, электробус.

The production of trucks in Russia, according to JSC ASM-holding, in January—September 2020 decreased by 17.4 % and amounted to 90.1 thousand including chassis for special equipment, dump trucks, as well as light commercial vehicles (LCV). Foreign brands of Russian production fell below the market — by 25.5 %, to 15.8 thousand. Sales of buses for 9 months remained in the red, although production in the first half of the year increased by 1/9.

Keywords: production, drop in sales, coronavirus, trucks, chassis, dump truck, foreign cars, minibuses, buses, electric bus.

Грузовые автомобили

Уточненный базовый прогноз продаж грузовых автомобилей (по данным RAMR — Russian Automotive Market Research) на весь 2020 г. равен 73 тыс. или –8,8 % к 2019 г. Уже очевидно, что оптимистичный сценарий с выходом экономики из рецессии по окончании пандемии COVID-19 не состоялся — в сентябре началась вторая волна прихода вируса, кроме того, на продажи влияет рост цен на новую технику, связанный с существенным падением курса рубля, сокращением в оптовой и розничной торговле и пр. И хотя тотальный локдаун по всей территории страны правительство вводить не собирается, а также сохраняет стимулирование в отношении закупок как грузовиков, так и спецмашин, например карет скорой помощи, которые теперь приравнены к стратегически значимым продуктам.

Согласно прогнозам RAMR в 2021 г. ожидается рост объемов продаж новых грузовых автомобилей в пределах 3,2...6,1 %. Частные и корпоративные потребители должны частично адаптироваться к новому уровню возросших цен на новую технику и возобновить обновление своих автопарков. Кроме того, стимулировать рост продаж могут

положительная динамика ряда макроэкономических показателей и продление мер государственной поддержки автомобильного рынка.

И все же перспективы на 2021 г. пока остаются достаточно неопределенными, потому что весной может прийти третья волна пандемии, несмотря на появление эффективных вакцин — по сути, экономике надо научиться выживать в условиях перманентной вирусной угрозы, но вялое восстановление возможно ближе к середине года.

Однако и это не все — на фоне такой вялой экономики простой автозаводов и понижение объемов выпуска (в том числе из-за падения экспортных заказов) привел к усугублению дефицита предложения на рынке. Так, например, в сентябре продажи среднетоннажных (MCV) и крупнотоннажных (HCV) грузовиков (по данным агентства "Автостат Инфо") выросли на 16,1 % именно за счет отечественных марок (+27 %) при умеренном росте иномарок (+3,2 %). По LCV сентябрь дал рост на 17,8 % при росте спроса на отечественные марки на 13,7 % и на 25,8 % — на иномарки.

Причем, прежде всего, пострадает спрос на новую грузовую технику производства "Большой европейской семерки" (или ВІG-7), включаю-

шей бренды DAF, IVECO, MAN, Mercedes-Benz, Renault Truck, Scania и Volvo.

Средний прогноз RAMR по сегменту LCV дает падение рынка на 25,6 % до 88,4 %. Но усугубление второй волны COVID-19 может дать падение спроса на LCV на 30,9 % до 82,1 тыс. 2021 г. также ничего особенно хорошего пока не предвещает, хотя некоторое восстановление рынка и возможно при условии массового применения реально эффективных противовирусных вакцин.

При этом из-за простоя заводов (пусть только и в самом начале карантина) на рынке в июне наблюдался определенный дефицит ряда моделей, который, впрочем, уже в июле практически рассосался.

Продажи на внутреннем рынке среднетоннажных и крупнотоннажных грузовиков (MCV + HCV) за 9 месяцев 2020 г. по данным "Автостат Инфо" составили 49,7 тыс. (-7,6 %), а по LCV (категории N1 и M2, т. е. включая микроавтобусы) — 66,9 тыс. (-8,2 %). Соответственно, весь рынок грузовиков за январь—сентябрь 2020 г. составил 116,6 тыс. (-7,9 %), что лучше, чем данные за первое полугодие. Из них на долю отечественных марок пришлось 74,7 тыс. (-6 %), а на долю иномарок — 41,9 тыс. (-11 %).

Кстати, шасси общего назначения за январь—сентябрь 2020 г. выпущено 35 тыс. (-2,5 %) и, кроме того, 8,57 тыс. (+10,5 %) седельных тягачей, а продано (данные RAMR) — 6,88 тыс. (+19 %). Автосамосвалов реализовано (по RAMR) — 38,6 тыс. (-12 %).

Конец 2020 г. (т. е. IV квартал) будет зависеть от динамики пандемии и шагов правительства по стимулированию рынка при высокой волатильности рубля.

Сохраняя лидерство в сегменте мало- и среднетоннажных грузовиков (доля в АЗ "ГАЗ" в производстве грузовиков в стране — 33,7 % за три квартала 2020 г.) нижегородцы сократили производство за три квартала на 21,2 % до 30,3 тыс., при том, что идет освоение серийного производства нового поколения среднетоннажника "Валдай NEXT" с кабиной над двигателем от китайского Foton Ollin, а также разворачивание мелкосерийного производства ГАЗели NEXT с двухлитровым турбонаддувным дизелем (VW EA189) экологического класса Евро-5.

Дизельных грузовиков ГАЗ произведено на 50,6 % меньше (6,7 тыс.), а бензиновых/газобаллонных — на 21,6 % меньше (13,1 тыс.), тогда как выпуск шасси вырос на 27,6 % до 10,6 тыс. ОАО САЗ сократило выпуск самосвалов на шасси ГАЗ на 17,1 % до 667 ед.

На рынке модели АЗ "ГАЗ" разошлись за 9 месяцев в количестве 36,1 тыс. (-12,8 %) — суммар-



Сборка грузового автомобиля ГАЗон Next

но малотоннажники (LCV) и среднетоннажники (MCV). Реализация актуальных серий "ГАЗель NEXT" (вместе с микроавтобусами) и "ГАЗон NEXT" за 9 месяцев составила, соответственно, 16,8 тыс. (-12,7 %) и 4,5 тыс. (-3 %). Сбыт бюджетной серии "ГАЗель БИЗНЕС" упал на 17,9 % до 9,6 тыс., тогда как фургоны и пикапы "Соболь" прибавили 2,9 % до 3,9 тыс. Реализация карбюраторной 4,5-тонник ГАЗ-3307 (с военного хранения) составила 561 ед. (-48,2 %), тогда как реализация официально снятых с производства (остались только старые контракты и экспортные поставки) ГАЗ-3308 "Садко" и ГАЗ-3309 суммарно сократилась на 13,6 % до 707 ед. (вся старая серия до 1,27 тыс., или на 33,3 %). Также практически прекратилась и реализация самосвала ГАЗ-САЗ-3507 (-47,7 % до 92 ед.).

Миасское АО "АЗ "Урал" (Группа ОМГ) после минимального роста производства за полугодие — за три квартала снова ушло в минус на 4,1 % (до 4,91 тыс.), преимущественно из-за просадки выпуска бортовых трехосников Урал-4320 (все поколения на 9,2 % до 3,1 тыс.) и двухосников Урал-43206 (-48,3 % до 402 ед.) при росте выпуска на 42,6 % до 847 ед. самосвального шасси Урал-5557 и на 44,7 % до 311 ед. седельного тягача Урал-44202, а также выполнения большого заказа на четырехосник Урал-5323 (рост в 2,6 раза). Новая серия капотных дорожных тягачей и самосвалов "Урал NEXT" 6×4 в статистике "АСМ-холдинга" за 9 месяцев 2020 г. показана 26 ед. модели 73945 и 2 ед. модели 7470, а также 3 ед. нового четырехосника модели 9593, выпуск которого начат в сентябре 2020 г. Оживился и выпуск тяжелых трехосников серии "Урал-6370", которых произвели 24 ед. в виде самосвала 63706 и 20 ед. (-16,7 %) седельника 6470. На конец года намечен выпуск



Сборочный конвейер "КАМАЗа"

бескапотной линейки с рестайлинговой бескапотной кабиной "Урал-М" в виде 16,5-тонного самосвала С26.328Р.

Продажи "Уралов" за 9 месяцев составили 2,31 тыс. (+29,5 %), в том числе серии "Урал-4320" (6×6) — 1,31 тыс. (+27,9 %), двухосников "Урал-43206" (4×4) — 82 ед. (–23,4 %), шасси "Урал-5557" — 617 ед. (+39 %), седельников "Урал-44202" — 201 ед. (+58,3 %). Тяжелых "Урал-6370" (6×6) реализовали 32 ед. (–27,3 %), многоосных "Урал-5323" (8×8) — 17 ед. (+30,8 %). Дорожных моделей серии NEXT 6×4 (7470 и 73 945) продано 41 ед. (рост в 3,6 раза) и 5 ед. (–37,5 %) соответственно.

Национальный лидер по производству и продажам тяжелых грузовиков — группа предприятий "КАМАЗ" в лице головного завода ПАО "КАМАЗ" произвела за три квартала 25,2 тыс. (+7,5 %) грузовиков, из которых 18,4 тыс. (–2,8 %) шасси, 5,2 тыс. (+55 %) седельных тягачей и 1,67 тыс. бортовых грузовиков (+37,6 %). Плюс к этому ПАО "НЕФАЗ" произвело 5,3 тыс. (+48 %) комплектов самосвальных установок, которые зачитываются в выпуск шасси. Так что подъем на российском рынке, наблюдающийся в сегментах самосвалов и седельников, обеспечил именно КАМАЗ.

Возможно, что в этом году компании и удастся удержаться в плюсе также и за счет экспорта. Продолжается и развитие проектов перспективных грузовиков нового поколения с кабинами К5 и рядными "шестерками", а также проект малотоннажника "Контур".

Расклад номенклатуры КАМАЗов по моделям кроме заводского каталога можно узнать только по статистике продаж на внутреннем рынке. Данные ООО "Автостат Инфо" за январь—сентябрь 2020 г. показывают реализацию лишь 275 ед. (+6,6 %) восьмитонник (полная масса "платонов-

ская" — менее 12 т) КАМАЗ-4308, а также 19,4 тыс. (+1,6 %) тяжелых грузовиков всех моделей. Из них на новую серию К4 (КАМАЗ-5490 и 6580 с модификациями) пришлось 4,01 тыс. (–5,3 %). Их доля в общих продажах КАМАЗа составила 20,4 % против 22,6 % годом ранее. Доля полноприводных моделей КАМАЗ (от 4×4 до 8×8) в продажах заметно выросла — до 34,9 % (6,5 тыс., +6 %).

Принадлежащее Группе "Соллерс" Ульяновское ООО "УАЗ" произвело за три квартала 2020 г. на 31,2 % меньше внедорожных LCV серий СГР и Cargo/Profi (без микроавтобусов и санитарок), а реализовал за 9 месяцев 8,1 тыс. (–25,5 %), из которых (8 тыс., –14,9 %) "буханок" и "головастиков", а также 271 ед. (–81,3 %) капотной серии УАЗ "Карго" (УАЗ-2360) и полупорок УАЗ "Профи" (УАЗ-23602Х), впрочем, 201 ед. из них составила скорая помощь УАЗ-128811 с пластиковой надстройкой (рост в 4,6 раза), ставшей самой массовой в данной серии. Такой "обвал" спроса на полупорок "Профи" (–95 %) в категории LCV стал следствием переноса ее статистики в категорию пикапов, каковых за 9 месяцев было реализовано 1,54 тыс. Таким образом, реализация серии "Профи" не сократилась, а напротив, выросла на 25,4 % до 1,82 тыс. Кроме того, УАЗ "Пикап" (УАЗ-23632) разошелся в количестве 2,06 тыс. (–44,3 %), что позволило этой модели снова опередить всех конкурентов в сегменте пикапов. Отсутствие доступного отечественного дизеля не позволяет ульяновской полупорке "Профи" ни стать достойной заменой старинному семейству СМП, ни полноценным конкурентом нижегородским "ГАЗелям".

АВТОВАЗ за три квартала 2020 г. реализовал 6,4 тыс. фургонов LADA Largus F90, с ростом на 76,4 % к прошлому году. Такой рост объясняется не столько наличием мелкосерийных версий с увеличенной вместимостью грузового отсека (надставной пластиковой крышей), сколько наличием различных спецвариантов, включая медицинские и социальные. Производство данной модели составило 8,2 тыс. (+0,8 %), причем только в бензиновом исполнении, тогда как выпуск газобаллонной версии F90G (CNG) практически остановлен (146 ед., –58,9 %) не столько из-за низкого спроса, сколько из-за исчерпания "газомоторных" субсидий из бюджета.

Кроме того, АВТОВАЗ реализовал 1,17 тыс. (–10,5 %) пикапов и фургонов производства ВИС (торговая марка LADA), из которых наиболее популярен рестайлинговый переднеприводный ВИС-2349-60 (1,09 тыс., +4,4 %). Выпуск автомо-

билей на АО "ПСА ВИС-Авто" упал на 50,2 % до 1,23 тыс. из-за обвала выпуска инкассаторского броневишка на базе ВАЗ-21214, а львиная доля оставшегося выпуска приходится на пикап/фургон ВИС-2349-60 (1,14 тыс., +9,6 %).

Компания "Volkswagen коммерческие автомобили" (Volkswagen NFZ) реализовала за 9 месяцев 3,87 тыс. минивэнов, ЦМФ и пикапов (-23,1 %). Рост показали пикап Amarok (454 ед., +31,9 %) и полноразмерный вэн Crafter (451 ед., + 4,9 %). При этом наиболее популярной моделью остается VIP-минивэн Caravelle с 1,32 тыс. (-24,2 %), а стандартный Transporter (213 ед., -69,7 %) и Multivan (269 ед., -63,1 %) из-за своей дороговизны популярностью не пользуются.

Суммарная реализация LCV бренда Mercedes-Benz за три квартала составила 1,99 тыс. (-17 %), при этом стоковые нижегородские Sprinter Classic уже полностью распроданы, так что все реализованные "Спринтеры" относятся к новому поколению импортной серии (751 ед., -16,9 %), а большая часть продаж приходится на минивэн V-класса (1,02 тыс., -1,7 %) благодаря хорошим флит-продажам, в том числе для госструктур. Завершаются продажи пикапа X-класса (221 ед., +4,7 %).

ООО "Даймлер КАМАЗ РУС" ("ДК РУС", ранее ООО "Мерседес-Бенц Тракс Восток") за 9 месяцев уронило производство грузовых автомобилей бренда Mercedes-Benz моделей Actros, Atego и Unimog U400, а также среднетоннажников Mitsubishi Fuso Canter на 36,6 % до 1,77 тыс. Основная доля производства и сбыта за 9 месяцев пришлась на серию Actros (2,11 тыс., -17 %), кроме того, резко вырос сбыт (в 3,75 раза до 180 ед.) серия Arocs, а все прочие модели MB реализованы буквально в единичных количествах.



На АВТОВАЗе собирают и коммерческий автотранспорт

Среднетоннажных Mitsubishi Fuso Canter реализовано за 9 месяцев 374 ед. (-15,4 %).

АО "ИСУЗУ-РУС" (ранее ЗАО "Соллерс-ИСУЗУ") за январь—сентябрь выпустило в Ульяновске 1,22 тыс. (-58,6 %) грузовиков N-серии, F-серии, Giga CYZ52 и EXZ52 полной массой от 7,5 до 33 т, а реализовала за 9 месяцев 2,06 тыс. грузовиков (-3,7 %).

Прочно занимающее третье место в стране по выпуску и продажам легких коммерческих автомобилей ООО "Форд Соллерс Елабуга" произвело за 9 месяцев на заводе в ОЭЗ Алабуга 7,25 тыс. (-12,3 %) коммерческих версий серий Ford Transit Custom и Ford Transit, на базе которых многочисленные бодибилдеры осуществляют выпуск различных спецавтомобилей, впрочем, не попадающих в заводскую статистику. Продажи LCV бренда Ford за 9 месяцев составили 9,2 тыс. (+6,5 %), включая 9,08 тыс. (+7 %) Transit (вместе с микроавтобусами), а также всего 85 ед. (-29,2 %) фургонов и минивэнов Transit/Tourneo Custom.

Поставщик многоосных спецшасси для МО РФ — АО "Брянский автомобильный завод" — за 9 месяцев 2019 г. произвел 75 ед. (-41,4 %) шасси с колесной формулой от 6×6 до 10×10 гражданского и двойного назначения.

Калининградская сборочная фирма "Эллада Интертрейд" (ГК "Автотор") на своей линии углубленной сборки (со сваркой и окраской кабины) собрала за три квартала 744 ед. (-38,3 %) грузовиков. Бренд Hyundai сильно упал (559 ед., -46,8 %), но больше всего было собрано (СКД и SKD) среднетоннажников Hyundai Mighty (416 ед., рост в 3,2 раза), который полностью заменил четырехтонник HD78. Выпуск полупорок HD35 и HD35 City упал на 92,1 % — произведено лишь 11 машин. Кроме того, было собрано 45 среднетоннажников HD120 (-23,7 %). Кроме того, было собрано 185 ед. (+18,6 %) шасси Cargo и тягачей F-Max из комплектов турецкого филиала Ford Truck. Больше всего грузовиков Ford собрано в виде седельных тягачей (153 ед., +10,1 %).

Продажи грузовиков Hyundai составили за 9 месяцев 1,01 тыс. (-6,2 %). Полупорку HD35/35 City реализовали в количестве 217 ед. (+8 %), а прочих версий серии HD — 70 ед. (+32 %), но и наибольшие продажи обеспечила серия Mighty (723 ед., -12,2 %).

Продажи импортных LCV бренда Hyundai практически остались на уровне прошлого года (1,52 тыс., +1,1 %), из которых львиная доля (1,18 тыс., -1,2 %) пришлись на минивэн Starex и фургон H1, а еще 318 ед. (+9,7 %) на модель

Grand Starex, а регистрации развозного грузовичка Porter II остаются на мизерном уровне (22 ед., +10 %).

На заводе в Калуге АО "Вольво Восток" за 9 месяцев собрано (2,63 тыс., -29,4 %) седельных тягачей бренда Volvo. Продажи Volvo Trucks в России упали за 9 месяцев до 2,59 тыс. (-34,3 %), из которых наиболее популярна модель FH 4×2 (1,33 тыс., -37,2 %).

Завод ООО "ПСМА РУС" в Калужской области, выпускающий с конца 2017 г. компактные развозные фургоны Citroën Jumpy, Peugeot Expert, дополненные в нынешнем году одноплатформенным (SMP2) минивэном Opel Vivaго за 9 месяцев суммарно произвел 1,12 тыс. (+1,7 %), включая 720 ед. Peugeot Expert (+14,6 %), 287 ед. Citroën Jumpy (-39,8 %) и 92 ед. Opel Vivaго. Данные фургоны и минивэны стали популярны у бодибилдеров под различные спецверсии, преимущественно медицинского назначения. Также собрано 20 ед. "каблуков" Peugeot Partner B9 и 5 ед. Citroën Berlingo.

Продажи УПВ Citroën составили за 9 месяцев 2,08 тыс. (+47 %), а самой популярной моделью стал полноразмерный фургон Jumper (764 ед., +0,5 %), новых фургонов Jumpy продали 690 ед., а минивэнов Space Tourer — 619 ед. (+8,2 %). "Каблуки" Berlingo фактически ушли с рынка (3 ед., -96,2 %). Соответственно LCV бренда Peugeot продано 2,03 тыс. (-9 %), включая 1,08 тыс. (+5 %) Traveller и 408 ед. (-20 %) Expert, 537 ед. (-14,6 %) полноразмерных Voxxer и два последних "каблука" Partner (-95,2 %).

Импортных LCV французского бренда Renault за 9 месяцев было реализовано всего 616 ед. (-63,1 %), из которых основной объем (396 ед., -72,4 %) составил "каблук" Dokker. Фургонов и грузовичков серии Master продано 217 ед. (-6,9 %), а также пара фургонов Traffic и один электрофургон Kangoo EV.

Итальянские бренды FIAT (613 ед., -12,4 %) и IVECO (401 ед., -33,3 %) представлены практически исключительно моделями Fiat Ducato и IVECO Daily, а также пикапом Fullback (73 ед., -47,5 %).

ООО "МЗ ТОНАР" из Ликино-Дулево так и осталось с единственным произведенным автомобилем (-92,9 %), а выпуск капотных карьерных самосвалов ТОНАР-7511 приостановлен.

ООО "ИВЕКО-АМТ" из Миасса — фактически российский филиал компании IVECO S.p.A., нарастил производство за 9 месяцев на 6,9 % до 293 ед., из которых 143 ед. (+44,4 %) составили самосвалы и еще 105 ед. (+1,9 %) — седельники. Продажи грузовиков ИВЕКО-АМТ за этот же пе-

риод составили 213 ед. (+16,4 %), из которых на модель 6339 пришлось 142 ед. (+10,1 %).

Сборочные заводы ООО "МАН Трак энд Бас Продакшн РУС" и ООО "Скания-Питер" собрали за три квартала суммарно 499 ед. (-15 %) грузовых автомобилей соответственно. Всего за 9 месяцев реализовано 2,3 тыс. (-24,9 %) грузовиков МАН и 2,92 тыс. (-12,1 %) Scania. Самые популярные модели: МАН TGX18 4×2 (809 ед., -46,3 %) и Scania Serie R 4×2 (960 ед., +22,8 %).

Из импортных брендов тяжелых грузовиков наиболее популярен голландский DAF с продажами за 9 месяцев 1,17 тыс. (-26,8 %), включая 1,02 тыс. (-28 %) модели XF 105 FT 4×2.

На сборочном заводе ООО "Катерпиллар Тосно" в Ленинградской области (пос. Тосно) собрано 43 ед. (-37,7 %) карьерных самосвалов моделей Caterpillar 773E полной массой 99,3 т и Caterpillar 777E полной массой 163,4 т.

Его прямой конкурент ООО "Комацу Мэнуфакчуриг Рус" в Ярославской области уронил производство более чем в 8 раз — до 9 карьерных самосвалов HD785-7 полной массой 166 т.

ЗАО "БЕЦЕМА" из подмосковного Красногорска нарастил выпуск автосамосвалов на шасси Volvo, Scania, МАН, Mercedes-Benz, КАМАЗ и Renault за три квартала до 453 ед. (-5,8 %). Наибольшая доля производства пришлась на самосвал модели БЦМ-59 (160 ед., + 63,3 %) на шасси МАН. Кроме того, произведено 3 самосвала новой модели БЦМ-270 на шасси Renault.

Производитель надстроек ООО "Спектр Авто" из Нижнего Новгорода выпустил 234 ед. (-25,5 %) грузовых автомобилей, из которых 147 ед. (-15,5 %) на шасси нижегородской полуторки "ГАЗель".

Самая маститая в нижегородском кластере фирма "Чайка-НН" выпустила 229 ед. (+4,6 %) самосвалов всех категорий грузоподъемности.

"Придворная" тюнинговая фирма КАМАЗа ОАО "РИАТ" из Набережных Челнов произвела 285 ед. (+34,4 %) разнообразной техники на базе шасси КАМАЗ.

Грузовых автомобилей на шасси отечественных марок, не входящих в общий итог, было выпущено 1,87 тыс. (-8,4 %).

Китайские производители грузовиков (включая автокрановые шасси) показывают достаточно впечатляющий рост за 9 месяцев 2,67 тыс. (+28,3 %), причем наибольшие продажи сохраняет марка Shaanxi с 1,09 тыс. (+29,3 %). А вот в сегменте LCV за 9 месяцев так и остался проданным один единственный малотоннажник Yuejin NJ1041 (-50 %). Зато скоро развернется тесное

сотрудничество Foton с ГАЗом по проекту "Валдай NEXT". Китайских пикапов продано лишь 136 ед., из которых 127 ед. пришлось на недавно дебютировавший JAC T6 и лишь 7 ед. (-65 %) на старинную модель Gonow Trov, компанию которой составили новейший пикап Great Wall Pao и пикап Wingle, тогда как Foton Tunland наш рынок бесславно покинул.

Японский бренд Hino реализовал 696 ед. (-15,8 %) импортных грузовиков, из которых самой популярной остается "500-я" серия (290 ед., -2 %).

Японские бренды Toyota и Mitsubishi представлены в России преимущественно в сегменте пикапов, которые лишь недавно разбавил новый микроавтобус Hiace короткокапотной компоновки с 41-кратным ростом до 205 ед. Пикапов Toyota Hilux было продано 1,76 тыс. (-14,4 %), а Mitsubishi L200 — 1,45 тыс. (+12,2 %), так что их продажи пошли разнонаправленно.

Автобусы и троллейбусы

За 9 месяцев 2020 г. российские автобусостроительные предприятия произвели по данным ОАО "АСМ-холдинг" 22,8 тыс. пассажирских машин (-16,4 %). В том числе 4,92 тыс. (-0,04 %) иномарок российской сборки и 13,5 тыс. (-33 %) микроавтобусов на базе LCV (они же автобусы категории M₂).

Компания "Русские автобусы — Группа ГАЗ", включающая предприятия ПАЗ (5,43 тыс., -18,4 %), ЛиАЗ (1,57 тыс., +46,8 %) и КАВЗ (379 ед., -0,5 %), суммарно за три квартала произвела 7,4 тыс. (-8,9 %) автобусов всех типов от малого до особо большого классов, что составило 79,6 % от всего производства "настоящих" автобусов в стране (9,3 тыс.) и 32,4 % от всего объема выпуска автобусов, включая микроавтобусы.

Группа "КАМАЗ" произвела за 9 месяцев 1,06 тыс. пассажирских машин (доля по стране 4,7 %), а также 181 электробус КАМАЗ-6282 (+53,4 %). При этом вахтовок завод почти не делал (точнее они не попали в статистику), а производство малых автобусов (Bravis) свернул совсем.

В сегменте микроавтобусов производство фактически распределилось между четырьмя производителями (их суммарная доля 98,4 %), включая: АЗ "ГАЗ" с 6,99 тыс. (-29,4 %) и с долей 51,9 % от сегмента; "СТ Нижегородец" с 2,33 тыс. (-19,8 %) и долей в 17,3 %; "Форд Соллерс Елабуга" с 2,03 тыс. (+70,9 %) и долей в 15 %, а также "ПКФ Луидор" с 1,93 тыс. (-41,1 %) и долей 14,3 %.

По данным ООО "Автостат Инфо", продажи автобусов за 9 месяцев 2020 г. (кроме микроавтобусов категории M₂, которые учтены в сегменте LCV) составили 9,05 тыс. (-8 %). Доля отечественных марок составила 91,2 % (8,25 тыс.) против 88,8 % за аналогичный период прошлого года.

Автобусы-иномарки снова перешли в глубокое пике — за 9 месяцев их было продано 798 ед. (-27,9 %), а их доля составила 8,8 % против 11,2 % годом ранее.

Больше всего среди регионов за январь—сентябрь продажи выросли в Уральском ФО на 10,4 % (доля рынка 9 %) и в Центральном ФО (+8,9 %, доля 39,7 %), а также Северо-Западном ФО (+8,4 %, доля 10,1 %). Аутсайдером за 9 месяцев остался Северо-Кавказский ФО с -45,3 % (доля 1,5 %).

Автобусных марок на рынке новых машин за 3 квартала 2020 г. осталось 18. Впрочем, две из них — Scania и Hyundai, реализовали за 9 месяцев лишь по 6 (-64,7 %) и 5 (-64,3 %) машин соответственно. Две белорусские марки МАЗ и "Неман" (считающиеся за отечественные) реализовали по 469 ед. (рост в 2,3 раза) и 50 ед. (+4,2 %) соответственно. На пять китайских марок пришлось 401 машин (-48 %), а на немецкий бренд MAN — 122 ед. (рост в 7,1 раза — флит-закупка транспортников из Московской обл.), тогда как Mercedes-Benz вообще выбыл из рейтинга.

За 9 месяцев 2020 г. в лидерах продаж неизменно присутствует ПАЗ, несмотря на продолжение падения на 22,5 % до 4,41 тыс. На втором месте по-прежнему ЛиАЗ с 1,69 ед. (+54,3 %), а на третьем — НефАЗ с 1,14 тыс. (+15,6 %). Как и в первом полугодии Топ3 марок сильно оторвались от конкурентов. Лидер среди иномарок — Yutong реализовал лишь 2020 ед. (-49,8 %), заняв в общем зачете лишь 8-е место.

По абсолютным же объемам реализации за 9 месяцев неизменно лидирует малый многоцелевой автобус ПАЗ-3205 с 2,21 тыс. (-15,7 %). На втором месте также малый ПАЗ в виде семейства 4204 в двух поколениях (Vector и Vector NEXT) с суммарными 1,33 тыс. (-26,9 %), а на третьем — низкопольный ЛиАЗ-5292 с 1,19 тыс. (рост в 2,2 раза). Только Топ3 моделей преодолели четырехзначный объем продаж.

По прогнозам RAMR 2020 г. может закончиться для рынка новых автобусов на уровне от 12,6 тыс. (ковидный сценарий) до 12,94 тыс. (оптимистичный сценарий), а восстановление начнется в 2021 г. в диапазоне от 12,81 тыс. (пессимистичный сценарий) до 13,53 тыс. (оптимистичный).



Программа производства электробусов на ПАО "КАМАЗ" расширяется

При этом сохранится большая зависимость рынка от государственных программ (обновление парка школьных автобусов и газомоторная программа), а также курса рубля и сроков окончания пандемии коронавируса.

Производство троллейбусов в России, несмотря на полную потерю ранее самого емкого столичного рынка — 25 августа 2020 г. с улиц Москвы ушел последний рейсовый троллейбус и теперь в столице остается лишь единственный троллейбусный так называемый "ретро-маршрут" и, соответственно, активную передачу бывших в эксплуатации троллейбусов в различные регионы страны (вплоть до Новосибирска), выпуск новых "рогатых" по данным АО "АСМ-холдинг" вырос в сентябре до 30 ед. (+166,7 %) и до 166 ед. (+133,9 %) за январь—сентябрь.

В феврале этого года полную перезагрузку прошло производство в г. Энгельс, где на площадях обанкротившегося предприятия "ТРОЛЗА" возникло ОП "ЭЗЭТ" ООО "ПК ТС", которое занялось выпуском (51 ед. за три квартала) модернизированного троллейбуса модели ПКТС-6281.00 "Адмирал". На его базе разработана также электробусная версия 6281.01 с "динамической зарядкой" или, другими словами, троллейбус с автономным ходом. Кстати, с 17 сентября начата сборка данного троллейбуса и в Санкт-Петербурге на мощностях ЗАО "Невский завод электрического транспорта", что сразу нашло отражение в статистике в виде 5 произведенных машин. Мощности питерского филиала рассчитаны на 10 машин в месяц, которые будут напрямую поставляться местному эксплуатанту "Питергортранс".

Главным же производителем троллейбусной техники в стране на сегодня остается АО "Транс Альфа Электро" из Вологодской обл., которое выпустило в январе—сентябре 101 машину (–17,2 %) троллейбусов "Авангард" (до 500 м автономного хода), включая и "электробусную" версию с увеличенным до 20...30 км автономным ходом на аккумуляторах. Кстати, в мае 2019 г. предприятие выпустило и полноценный электробус "Сириус" с запасом хода до 240 км и 100 %-ной электрической климатической системой на основе теплового насоса.

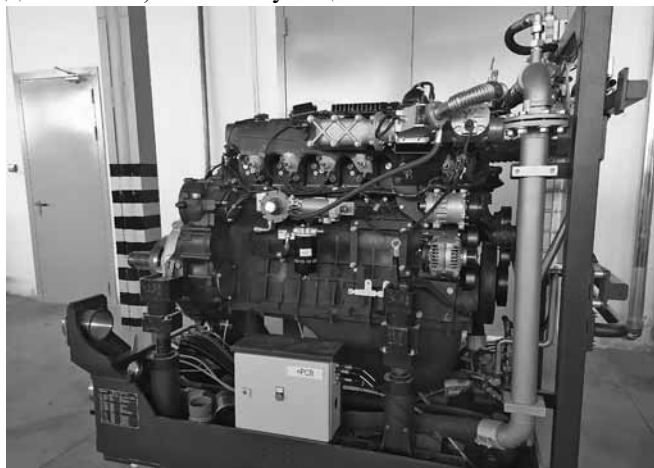
Разворачивает производство в Республике Башкортостан и АО "Уфимский Трамвайно-Троллейбусный Завод". УТТЗ входит в состав промышленной группы, куда включены АО "Пензтяжпромарматура" (производство трубопроводной арматуры), АО "Фельзер" (оборудование для кондиционеров), АО "Рижский вагоностроительный завод" и ООО "Башкирский троллейбусный завод". Причем Башкирский троллейбусный завод прекратил существование еще в 2015 г., а в 2017 г. его территория, оборудование и вся документация были выкуплены УТТЗ, который развернул на основе кузова автобуса НефАЗ-5299 выпуск низкопольного троллейбуса модели УТТЗ-6241 "Горожанин" как в троллейбусной, так и электробусной (с динамической зарядкой) версиях. За три квартала произведено 9 машин (рост в 4,5 раза).

Надо еще учесть, что и у Камского автозавода имеется в продуктовой линейке троллейбус КАМАЗ-62825 с увеличенным (до 20 км) автономным ходом, а также электробус КАМАЗ-6282, которых за 9 месяцев произведено 181 ед. (+53,4 %), а до конца года в Москву на тестовую эксплуатацию будет поставлено три сочлененных электробуса КАМАЗ-6292 (на базе кузова перспективного сочлененного автобуса НефАЗ-6299) и, кроме того, ООО "Ликийский автобусный завод" (входит в Группу ГАЗ) произвел 65 электробусов (–19,8 %) ЛиАЗ-6274, отправленных в Москву. Свой электробус "Ситиритм 12 ELF" с реальным ходом в 200...220 км есть и у ООО "ВОЛГАБАС", правда, в статистике предприятия его выпуск не отражен.

Получается, что выпуск пассажирского электротранспорта в России развивается, и развивается в сторону перспективных конструкций (одних серийных электробусов уже четыре модели, а вскоре будет пять), несмотря на проблемы с финансированием обновления транспортных парков у большинства регионов.

ГАЗОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ Р6 ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТЯГАЧЕЙ КАМАЗ

Вслед за дизельным рядным двигателем для тяжелого семейства камазовских грузовиков поколения К5 в компании начались исследовательские испытания опытного образца рядного газового двигателя, использующего в качестве топлива



природный газ. В настоящее время идет разработка газовых двигателей Р6 для магистральных тягачей. В дальнейшем будет возможность устанавливать их на все модификации автомобилей перспективного семейства.

Рабочий процесс газового двигателя в отличие от дизельного основан на совершенно другом термодинамическом цикле, т. е. воспламенение топливно-воздушной смеси происходит не от сжатия, а от искры. Из основных конструктивных

отличий по отношению к дизельному двигателю можно отметить сниженную степень сжатия, оригинальную цилиндропоршневую группу, доработанные под установку свечей зажигания головки блока цилиндров. Вместо дизельной топливной аппаратуры здесь установлены компоненты системы подачи природного газа и зажигания. Применяются компоненты системы подачи газа, зажигания и управления двигателем компании "Woodward" — одного из мировых лидеров на этом рынке.

Предварительные результаты испытаний опытного образца газового двигателя КАМАЗ Р6 по оценке выбросов вредных веществ с отработавшими газами показали достижение экологических норм "Евро-6", что возможно благодаря примененным в конструкции системы рециркуляции отработавших газов (EGR) и трехкомпонентному каталитическому нейтрализатору.

Номинальная мощность нового двигателя — 450 л. с., максимальный крутящий момент — 1850 Н·м, планируемый межсервисный интервал — до 100 тыс. км.

На данный момент времени изготовлено три опытных образца двигателя. Один из них будет установлен на автомобиль КАМАЗ-54901 для натурных испытаний в составе автомобиля, которые начнутся в 2021 г.

Запуск газового двигателя Р6 в серийное производство планируется в 2022 г.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ПЕРЕВОРОТ В СЕРВИСНЫХ КОНТРАКТАХ SCANIA — КУРС НА КЛИЕНТА

Компания Scania в России выпустила на рынок обновленные сервисные решения, которые помогут владельцам техники увеличивать свою прибыль. Покупателям новых автомобилей Scania адресован контракт "Оптимa 2.0", а для владельцев техники с пробегом — "Бизнес 2.0". Главное отличие от предыдущих версий "Оптимa" и "Бизнес" заключается в новом подходе к ценообразованию стоимости обслуживания — чем старше техника, тем выше скидка.

Спрос на сервисные контракты растет, поскольку клиенты тщательно анализируют затраты и интересуются не только ценой автомобиля,

но и совокупной стоимостью владения, включая техническое обслуживание и текущий ремонт, а также стоимостью перевозки груза из расчета на 1 км или тонну (в зависимости от сегмента).

"На начало октября 2020 года с сервисными контрактами было приобретено 81 % автомобилей Scania. По итогам 2019 года — 79 % техники, в то время как в 2018-м — 50,8 %, — сообщил директор департамента рынка сервисных услуг ООО "СканияРусь" Денис Титов. — Прозрачная система планирования и контроля за расходами, а также отлаженная система администрирования способ-



ствуют улучшению административного управления. А качественный сервис и оригинальные запчасти обеспечивают защиту от непредвиденных поломок и высокую остаточную стоимость техники".

Контракт для новых автомобилей "Оптима 2.0" предлагается на срок от 2 до 10 лет без ограничения по пробегу, его владельцу предоставляется прогрессивная скидка на ТО, которая возрастает с каждым годом и может достигать 30 %. Скидка привязана к номеру шасси, благодаря чему даже следующий покупатель автомобиля сможет легко перезаключить контракт и продолжать получать ее пропорционально возрасту автомобиля. Дополнительное преимущество — защита силовой линии на бесплатной основе в течение 6 лет, или до 800 тыс. км пробега.

Для владельцев техники с пробегом разработан сервисный контракт с прогрессивной системой скидок на техническое обслуживание — "Бизнес 2.0". Скидка на ТО по этому контракту достигает 25 %. Кроме того, владельцы сервисных контрактов "Оптима 2.0" и "Бизнес 2.0" имеют дополнительное преимущество и получают на сопутствующие ремонты, не покрываемые сервисным контрактом, персональную скидку до 30 % по программе "Контракт + ". Все вместе существенно оптимизирует затраты на сервис.

Техобслуживание в рамках контрактов ведется по гибкому индивидуальному плану Scania Flex, который формируется на основе данных цифровой системы управления автопарком Scania FMS о текущем состоянии каждого автомобиля и позволяет точно определять содержание работ. Схема обслуживания техники максимально удобна: можно обратиться в любой официальный сервисный центр Scania по всей России, что особенно актуально при магистральных перевозках.

Процесс взаимодействия с клиентом при заключении контракта максимально упрощен: используется договор оферты, который оформляется без личных визитов в дилерский центр. Расчеты на этапе согласования условий проводятся онлайн. Также дистанционно ведется финансовый документооборот и администрирование по сервисному контракту.

Пресс-служба "СканияРусь"

НА УЛИЦЫ МОСКВЫ ВЫШЕЛ 500-й ЭЛЕКТРОБУС КАМАЗ

Он будет перевозить пассажиров по маршруту М4 от станции метро "Озерная" до станции метро "Октябрьская". Производитель машины — ПАО "КамАЗ".

По словам Сергея Собянина, в последние годы в московском общественном транспорте произошли настоящие революционные измене-

ния: старые пригородные электрички заменили "Иволги" и "Ласточки", в метро появился новый поезд "Москва", на трамвайных линиях курсируют современные и комфортные "Витязи". Кардинальные изменения происходят и в автобусных парках столицы.

Мэр Москвы Сергей Собянин поговорил с водителем 500-го московского электробуса Мариной Шibaевой. Она рассказала, что новые машины значительно облегчили труд ей и ее коллегам. "Я работала на троллейбусе. И конечно, большая разница в эксплуатации. Штанги не падают, за контактную сеть выглядывать не надо: исправно все или не исправно. Наверх лазить угольки менять не надо. Гораздо легче работать — мы пришли, повесили валидатор, зафиксировали,



документы получили, заполнили и спокойно поехали", — сказала Марина Шibaева.

По ее словам, пассажиры тоже довольны новым общественным транспортом, бывает, они специально ждут электробусы на остановках, пропуская автобусы того же маршрута. А водителям нравится комфорт и эргономичность кабины, удобство управления, быстрый набор скорости и плавная остановка машины. На то, чтобы зарядить электробус на конечной остановке, достаточно 10—15 мин — это как раз то время, в течение которого водители отдыхают между рейсами. И в холодное время года, по словам Марины Шibaевой, электробусы показали себя достаточно хорошо.

"Они с каждым годом совершенствуются, мы же слушаем ваши замечания, предложения, дорабатываем модель. В Москве создадим свой сборочный завод и будем дорабатывать уже московскую модель с какими-то нюансами и так далее. Та машина, что была два года назад, все равно имеет отличия в конструкции от сегодняшней", — добавил Сергей Собянин.

Напомним, электробусы КАМАЗ поставляются в Москву с сентября 2018 г., при этом инжене-

ры Научно-технического центра компании ведут постоянную работу по улучшению потребительских характеристик электробуса и уже внедрили ряд улучшений, направленных на повышение качества обслуживания и комфорта пассажиров.

Столичные электробусы курсируют сегодня на 40 маршрутах в различных районах Москвы. С начала работы они перевезли свыше 55 млн пассажиров и прошли более 22 млн км по дорогам российского мегаполиса. Примечательно, что московский парк автобусов на электротяге является крупнейшим в Европе. Для сравнения: в Лондоне курсирует 300 электробусов, в Париже — 259, в Берлине — 200 и в Амстердаме — 164. Ожидается, что в следующем году в Москву поставят еще 400 электробусов. К концу 2023 г. планируется увеличить парк электробусов до 2300 ед., что составит треть парка наземного транспорта столицы. С учетом трамваев на электрическую тягу перейдет около 40 % наземного транспорта города. А к 2030 г. весь парк "Мосгортранса" должен стать зеленым, т. е. абсолютно экологически чистым.

Пресс-служба Мэра и Правительства Москвы

ИЗДАТЕЛЬСТВО

"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журнал

"ГРУЗОВИК"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2021 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

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

Сдано в набор 10.12.2020. Подписано в печать 25.02.2021. 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 солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru