АГЗК+АТ «АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо»
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том 17. № 10. 2018 г. Издается с января 2002 г. Периодичность – ежемесячно

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

Цыпкин К.О.
Маркетинговые стратегии нефтегазового комплекса в современных условиях 435
В рамках традиционных "Дней науки ИМСИТ" на кафедре бизнес-процессов и экономической безопасности прошла научная конференция молодых ученых. В докладе одного из них проводится анализ наиболее перспективных маркетинговых стратегий для нефтяных компаний в условиях низких цен на нефть. Рассматриваются тенденции перехода развитых стран на возобновляемые источники энергии.

Суворов А.С.
19-я Международная выставка bauma CTT Russia 437
С 5 по 8 июня в "Крокус Экспо" в Москве прошла Международная выставка строительной техники bauma CTT RUSSIA-2018. Мероприятие, в первый раз прошедшее под новым брендом, улучшило результаты прошлого года и в отношении количества посетителей и участников.

Савастенко А.А., Савастенко Э.А., Марков В.А., Денисов А.Д., Неверов В.А.
Использование водотопливных эмульсий в автомобильных и судовых дизелях . . 440
Рассмотрены различные способы подачи воды в камеру сгорания дизеля. Показана перспективность использования в дизелях водотопливных эмульсий. Рассмотрены особенности рабочего процесса при подаче воды в камеру сгорания дизеля. Исследованы возможности улучшения экологических показателей дизеля путём применения водотопливных эмульсий. Проведена термодинамическая оценка эффекта улучшения показателей топливной экономичности дизеля, работающего на водотопливной эмульсии.

Лиханов В.А., Лопатин О.П.
Исследование нагрузочных режимов работы дизеля на спиртотопливных эмульсиях . . . 449
Актуальность статьи обусловлена необходимостью замещения традиционных нефтяных моторных топлив альтернативными, получаемыми из ненефтяного сырья. Достаточно хорошую перспективу имеют различные спиртовые топлива, позволяющие по своим физико-химическим свойствам использовать их в качестве добавок в штатное нефтяное топливо, тем самым замещая его и значительно снижая вредные выбросы отработавших газов в атмосферу. Подтверждена эффективность использования этанола и метанола в качестве экологической добавки к нефтяному дизельному топливу и экспериментально доказана возможность значительного снижения токсичности и дымности отработавших газов при работе дизеля на спиртотопливных эмульсиях.

Смирнов П.И., Тимофеев А.П., Новокшанов Ф.А.
Использование телематических данных от коммерческих автомобилей для снижения величины удельных затрат на топливо 453
В статье описана методика определения реальных эксплуатационных норм расхода топлива конкретных грузовых транспортных средств, находящихся на балансе определенного предприятия. Путем исследования, обработки и анализа полученной информации была выявлена значимость влияния поступающего потока данных на фактический расход топлива грузовых автотранспортных средств с учетом их технического состояния, технического обслуживания, массы перевозимого груза, скорости и режима движения. Выявлены причины повышенного расхода топлива грузовых автомобилей, совершающих транспортную работу в условиях городского цикла. Разработан алгоритм оценки расхода топлива на основе массивного потока данных, поступающих с эксплуатируемых автомобилей, оборудованных спутниковой системой телематического контроля. Данный алгоритм учитывает особенности работы каждого из автомобилей, работающих на конкретном предприятии.

Шавыраа Ч.Д.
Проблемы и пути решения углеводородного топлива в республике Тыва 462
В республике Тыва хорошо развит автомобильный транспорт, в связи с отсутствием железнодорожного транспорта. Использование углеводородного топлива (бензинов и дизельного топлива) широко распространено в России. В настоящее время из-за отсутствия какого-либо контроля со стороны представителей власти, в том числе лицензионной палаты, предприниматели привозят топливо сомнительного качества и показывают сертификат соответствия несуществующей лаборатории.

Грушникова В.В.
Хозяйственно-экономический анализ перспектив электрификации автотранспорта. Предложение ресурсов 464
Успешность реализации глобального проекта электрификации автомобильного транспорта даже при положительном решении конструкторско-технологических и экономических проблем, в первую очередь, зависит от достаточности и доступности материальных и энергетических ресурсов.

Грушников В.А.
Насущные усовершенствования автомобилестроения 469
Экологическая безопасность современных колесных транспортных средств рассматриваются на примере реализации оптимальных конструктивно-технологических мероприятий, проводимых лидерами мирового автомобилестроения и их партнерами.

Савченко А.С.
На заводе IVECO в Мадриде 475
Нам давно хотелось побывать на заводе IVECO в Мадриде, где выпускают грузовики Stralis и Trakker. И вот наше желание исполнилось: по приглашению IVECO мы в середине апреля побывали в испанской столице и спешим рассказать вам об этом.

Газомоторный словарь 478
За последние годы в нефтегазовой отрасли появилось много новых терминов, о которых можно узнать только в Интернете или специализированной литературе. Но книга и ноутбук не всегда могут оказаться под рукой. Редакция журнала АГЗК+АТ подготовила краткий Газомоторный словарь, воспользоваться которым и найти нужную информацию может наш читатель.

Новости 479–480

Учредитель
ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

Главный редактор
В.Ф. Третьяков – академик РАИН, д-р хим. наук, профессор

Зам. главного редактора
А.С. Савченко

Председатель редакционного совета
В.Ф. Корнюшко – д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ

Состав редакционного совета:
член-корр. АН РТ **Г.С. Дьяконов** (Респ. Татарстан, г. Казань)
д.т.н. **В.И. Ерохов** (Московский Политехнический университет, г. Москва)
д.т.н. **Н.Г. Кириллов** (ООО "ИИЦ Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Петербург)
д.т.н. **И.М. Коклин** (ООО "Газпром Трансгаз Ставрополь")
член-корр. НАН **Ю.Н. Литвишков** (Азербайджан, г. Баку)
академик НАН **И.И. Лиштван** (Беларусь, г. Минск)
д.т.н. **В.А. Марков** (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
академик РАЕН **С.В. Мещеряков** (МИНГП, г. Москва)
д.э.н. **А.В. Николаенко** (МГТУ МАМИ, г. Москва)
О.Н. Румянцева (ООО "Издательство "Инновационное машиностроение")
д.х.н. **Р.М. Талышинский** (РАН ИНХС, г. Москва)
академик НАН РК, **Е.М. Шайхутдинов** (Респ. Казахстан, г. Алматы)

Редактор
И.Л. Сильченкова

Компьютерная верстка
С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва,
Колодезный пер., д. 2а, стр. 2
Тел. 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
info.agzk.at@gmail.com
www.mashin.ru
Подписано в печать 25.09.2018 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер",
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении по каталогу "Пресса России"– индекс **39543**

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). **Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–63954**

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции.

© ООО "Издательство "Инновационное машиностроение", "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", 2018

АГЗК + АТ

«AutoGas Filling Complex + Alternative fuel»

AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

Vol. 17. № 10. 2018 г. Published from January, 2002 Periodicity – monthly

A magazine is plugged in List of editions of VAK Minobrnauki Russian Federation

CONTENTS

Tsypkin K.O.
Marketing strategies of oil and gas complex in modern conditions 435
Within the framework of the traditional "Days of Science IMSIT" a scientific conference of young scientists was held at the Department of Business Processes and Economic Security. This report analyzes the most promising marketing strategies for oil companies in conditions of low oil prices. The tendencies of the transition of developed countries to renewable energy sources are considered.

Suvorov A.S.
19th international exhibition bauma CTT Russia 437
From 5 to 8 June in the "Crocus Expo" in Moscow was the International Exhibition construction equipment bauma CTT RUSSIA-2018. The event, for the first time under a new brand, improved the results of last year and in terms of the number of visitors and participants.

Savastenko A.A., Savastenko E.A., Markov V.A., Denisov A.D., Neverov V.A.
Using water-fuel emulsions in automobile and ship diesel engines 440
Various methods of water supply into the combustion chamber of the diesel engine are consid-ered. Perspectives of using water-fuel emulsions in diesel engines are shown. Features of the working process while feeding water into the diesel engine combustion chamber are considered. Opportunities of improving diesel engine environmental characteristics by applying water-fuel emulsions are investigated. Thermodynamic evaluation of the effect of the improving of the fuel efficiency characteristics of the diesel engine running on water-fuel emulsion is carried out.

Likhanov V.A., Lopatin O.P.
The study load modes of operation of the diesel engine on alcohol-fuel emulsions . . . 449
The relevance of the article is due to the need to replace traditional oil motor fuels with alternative ones obtained from non-oil raw materials. Quite a good prospect are various alcohol fuels, allowing for their physical and chemical properties to use them as additives in regular oil fuel, thereby replacing it and significantly reducing harmful emissions of exhaust gases into the atmosphere. Confirmed the effectiveness of the use of ethanol and methanol in an environmentally friendly additive to petroleum diesel fuel and experimentally proved the possibility of significantly reducing the toxicity and smoke opacity of the exhaust gases of the diesel on the alcohol-fuel emulsions.

Smirnov P.I., Timofeev A.P., Novokshanov F.A.
The use of telematic data from commercial vehicles to reduce the unit cost of fuel . . . 453
The article describes the methodology for determining the real operating standards for fuel consumption of specific cargo vehicles on the balance sheet of a certain enterprise. By studying, processing and analyzing the information received, the significance of the influence of the incoming data stream on the actual fuel consumption of trucks was determined taking into account their technical condition, maintenance, the mass of the cargo being transported, the speed and the driving mode. The reasons for the increased fuel consumption of trucks that perform transport work in the urban cycle are identified.

Shaviraa Ch.D.
Problems and ways of hydrocarbon fuel solution in the Republic of Tyva 462
In the Republic of Tuva, road transport is developed, due to the lack of rail transport. The use of hydrocarbon fuels (gasoline's and diesel fuel) is widespread in Russia. Currently, due to lack of any control by the authorities, including the licensing chamber, entrepreneurs bring fuel of doubtful quality and show the certificate of compliance with a non-existent laboratory.

Grushnikova V.V.
Economic and economic analysis of perspectives of electrification of autotransport. Consumer demand 464
The success of the global project for the electrification of road transport, even with a positive solution to design, technological and economic problems, primarily depends on the sufficiency and availability of material and energy resources.

Grushnikov V.A.
Higher improvements of automobile engineering 469
Ecological safety of modern wheeled vehicles is considered on the example of the implementation of optimal design and technological measures conducted by the leaders of the world automotive industry and their partners.

Savchenko A.S.
At the Iveco plant in Madrid 475
We have long wanted to visit the IVECO plant in Madrid, where the trucks Stralis and Trakker are produced. And now our wish came true: at the invitation of IVECO, we visited the Spanish capital in mid-April and are in a hurry to tell you about it.

Gas engine dictionary 478
In recent years, many new terms have appeared in the oil and gas industry, which can only be found on the Internet or in specialized literature. But the book and laptop can not always be at hand. The editorial staff of the magazine AGZK + AT prepared a short Gasmotor dictionary, which our reader can use and find the necessary information.

News 479–480

Founder
LLC "Publishers "Innovative mashinostroenie"

Editor-in-chief
V.F. Tretyakov – academician of RAES, doctor of chemical sciences, professor

Deputy editor
A.S. Savchenko

Chairman of the editorial board
V.F. Kornyushko – doctor of technical sciences, honored scientist of the Russian Federation

The editorial board:
corresponding member of the AS RT **G.S. D'yaconov** (Tatarstan Resp., Kazan)
doct. of techn. sc. **V.I. Erohov** (Moscow Polytech, University, Moscow)
doct. of techn. sc. **N.G. Kirillov** (LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg)
doct. of techn. sc. **I.M. Koklin** (LLC "Gazpom Transgaz Stavropol")
corresponding member of the ANAS **Yu.N. Litvishkov** (Azerbaijan, Baku)
academician of the NAS **I.I. Lishtvan** (Belarus, Minsk)
academician of the RANS doct. of techn. sc. **V.A. Markov** (Bauman MSTU, Moscow)
S.V. Meshcheryakov (MINGP, Moscow)
doct. of econom. sc. **A.V. Nikolaenko** (MSUME, Moscow)
O.N. Rumyantseva (LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers)
doct. of chem. sc. **R.M. Talyshinsky** (TIPS RAS, Moscow)
Academician of the NAS RK **E.M. Shaikhutdinov** (Kazakhstan Resp., Almaty)

Editor
I.L. Silchenkova

Computer Design
S.A. Zhirkina

Address and phone edition:
107076, Moscow, Kolodezniy per., 2a, str. 2
Tel.: 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
info.agzk.at@gmail.com
www.mashin.ru

The magazine is distributed by subscription, which can be obtained at any post office indexe "The Russian Press" – **39543**

The magazine is registered with the Federal agency for Supervision of Communications, Information Technology and Communications (Roskomnadzor), **Registration certificate PI N FS77–63954**

Reprint is possible only with the reference to the journal "Autogas filling complex + alternative fuel"

© LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers, "Autogas filling complex + alternative fuel", 2018

УДК 339

МАРКЕТИНГОВЫЕ СТРАТЕГИИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

К.О. Цыпкин, Академия маркетинга и социально-информационных технологий (ИМСИТ), г. Краснодар

В рамках традиционных "Дней науки ИМСИТ" на кафедре бизнес-процессов и экономической безопасности прошла научная конференция молодых ученых. В докладе одного из них проводится анализ наиболее перспективных маркетинговых стратегий для нефтяных компаний в условиях низких цен на нефть. Рассматриваются тенденции перехода развитых стран на возобновляемые источники энергии.

Ключевые слова: *маркетинговые стратегии; нефтегазовый комплекс, сервисный бизнес; мировой рынок углеводородов; спрос и предложение на мировом рынке нефти.*

MARKETING STRATEGIES OF OIL AND GAS COMPLEX IN MODERN CONDITIONS

Tsypkin K.O., Academy of Marketing and Socio-Information Technologies (IMSIT), Krasnodar

Within the framework of the traditional "Days of Science IMSIT" a scientific conference of young scientists was held at the Department of Business Processes and Economic Security. The report of one of them analyzes the most promising marketing strategies for oil companies in conditions of low oil prices. The tendencies of the transition of developed countries to renewable energy sources are considered.

Keywords: *marketing strategies; oil&gas complex, service business; hydrocarbons world market; crude oil demand and supply in world market.*

В настоящий момент нефтегазовая отрасль находится в состоянии трансформации. Из-за резкого снижения мировых цен на нефть и ряда других событий энергетический бизнес может принципиально измениться. Происходящие перемены требуют от менеджеров нефтяных компаний конкретных и решительных действий, которые обеспечат бизнесу не только существование в краткосрочном периоде, но и подготовят ТНК к будущим переменам.

Из-за перепроизводства сырой нефти за последние два-три года на мировом рынке нефти возник избыток предложения объемом 1,4–2,1 млн баррелей в сутки. Соглашение об ограничении добычи, подписанное в феврале 2016 г., позволило выровнять сложившийся дисбаланс между спросом и предложением.

Из рис. 1 видно, что в третьей четверти 2015 г. предложение превышало спрос примерно на 2 млн баррелей в сутки. Согласно прогнозам предполагается, что в ближайший год будет возможным достичь равновесия при условии, что соглашение об ограничении добычи будет продлено. Однако конкуренция, низкие цены на нефть и избыток предложения – не единственные факторы, оказывающие влияние на развитие нефтяных компаний. Развитые страны все чаще задумываются над экологической составляющей мировой энергетики.

В 2015 г. на 21-м саммите рамочной конвенции ООН об изменении климата приняли соглашение по поддержанию повышения средней температуры на планете на уровне менее 2 °С за счет сокращения выбросов углекислого газа. Данное соглашение не ставит под вопрос существование традиционной энергетики с использованием углеводородов в качестве основного источника энергии, но само функционирование нефтегазовых компаний точно подвергнется изменениям. Аналитики прогнозируют, что "нефтяная эра" близится к завершению, и все большую часть в мировой энергетике начнут занимать возобновляемые источники: ядерная энергетика, биотопливо, гидроэнергетика, солнечная энергетика (см. рис. 2). В наметившихся тенденциях нефтегазовому комплексу необходимо пересмотреть свои глобальные стратегии.

Международная компания "PwC", занимающаяся аудитом и консалтингом, проанализировала основные тренды нефтегазового рынка за 2016 г. и предложила менеджменту нефтегазовых компаний ряд маркетинговых стратегий в целях успешного вхождения в новые рыночные реалии:

1. Сконцентрироваться на таргетированном подходе: необ-

Рис. 1. *Мировой спрос и предложение на нефть, млн барр./день*

 ISSN 2073-8323

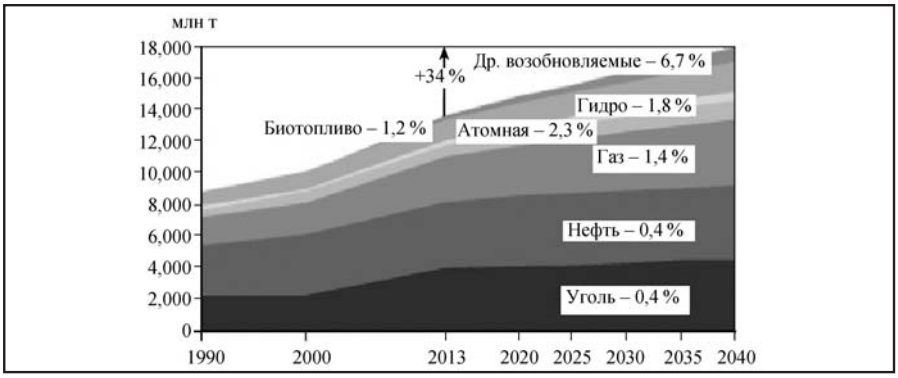


Рис. 2. *Мировой первичный спрос на топливо, млн т нефтяного эквивалента*

ходимо выйти на наиболее перспективный растущий сегмент рынка, на котором у компании будут максимальные шансы превзойти конкурентов, а также адаптироваться к изменяющимся условиям. Желательно, чтобы в выбранном сегменте компания заранее имела научно-технические патенты и разработки.

2. Не сокращать расходы по всем секторам. Вместо этого инвестировать в потенциально рентабельные развивающиеся проекты, которые смогут принести дополнительную прибыль или другие выгоды. Особое преимущество стоит отдавать экологическим проектам с низким выбросом CO_2.

3. Сосредоточиться на инновационных разработках, удовлетворяющих самым строгим экологическим требованиям и одновременно минимизирующих затраты.

Данные шаги являются эффективными стратегиями для любых компаний, действующих в новых экономических условиях. Нефтегазовому бизнесу необходимо учитывать особенности и специфику своего сектора. Нефтегазовым ТНК необходимо следить не только за внутренними технико-экономическими показателями компании, но и получать и изучать релевантную информацию о состоянии рынка и всех элементах внешней среды. Маркетинговые исследования являются наиболее подходящим инструментом для эффективного и оперативного ответа на изменения мировых тенденций. Маркетинговые стратегии должны включать: сегментацию и анализ емкости рынка, оценку уровня монополизации и конкуренции, анализ рыночной доли компании, анализ положения товаров на рынке сбыта.

Необходимо учитывать особую специфику нефтегазового рынка – соблюдение стандартов качества. В нефтегазовой промышленности качество сырья (нефти, газа или нефтепродуктов) в первую очередь зависит от физико-химических и геологических характеристик природного месторождения углеводородов, вторичным считается качество работы и технологичность нефтеперерабатывающего завода. Физико-химические требования к товару жестко регламентируются. При этом технические, нормативные и экономические параметры играют первостепенную роль, а эстетические и эргономические и вовсе не учитываются. Постепенный, но эффективный переход к более экологическим видам топлива и энергосберегающим технологиям разведки, бурения, добычи и переработки, позволит нефтегазовым компаниям закрепиться на мировых рынках. Но если условия, например, расположения месторождений, изначально требуют от компаний больших издержек, возможно, компании следует последовать совету PwC и найти новый сегмент.

На выставке "Газ и нефть" в Калгари (Канада) в 2015 г. был проведен опрос 33 сервисных компаний о том, какими маркетинговыми стратегиями они руководствуются при заключении контрактов. По результатам опросов определили, что лишь 50 % компаний внедряет маркетинговый план (но у всех компаний существует бюджет для маркетингового отдела), и лишь две компании оценивали результаты деятельности своих маркетинговых отделов. Нефтесервисным подрядным организациям необходимо больше концентрироваться на маркетинговых стратегиях – в условиях жесткой конкурентной борьбы и преимущественном установлении партнерских отношений посредством прямых продаж, только эффективный маркетинг позволит сервисному бизнесу активно развиваться и завоевывать новые рынки. Одним из действующих вариантов развития маркетинговых стратегий для нефтесервисных компаний может стать интегрированный маркетинг, включающий в себя помимо традиционного анализа рынка – рекламу, PR, продвижение продаж и формирование узнаваемого бренда.

Применение маркетинговых стратегий предусматривает:

1. Наличие управленческого опыта, основанного на интуиции и здравом смысле.

2. Необходимость учитывать факторы риска и неопределенности.

3. Наличие необходимого уровня знаний и квалификации.

4. Из большого объема информации необходимо выделять

только релевантную, и принимать решения на ее основе.

5. Потребность в разработке индивидуального подхода, для того чтобы компания могла преуспеть в конкурентной среде благодаря своим сильным сторонам [1–4].

Маркетинговые стратегии необходимы для нефтегазовых корпораций прежде всего для рациональных инвестиций и планирования в целях выявления наиболее перспективных и рентабельных проектов. Маркетинговый отдел компании должен обеспечить эффективные способы поиска клиентов, формировать узнаваемый бренд, планировать "дорожную карту" для достижения стратегических целей. Чтобы получить объективную картину и увидеть сильные и слабые стороны компании, необходимо проводить оценку результата деятельности маркетингового отдела.

На основании опыта ряда крупнейших ТНК маркетинговые стратегии необходимо разрабатывать не только для анализа и своевременной адаптации под изменяющийся рынок, но и увеличения продаж через рекламу, PR, построение устойчивых связей с клиентами, успешного преодоления кризиса и выхода на новые перспективные рынки.

На основании выполненной работы можно сделать выводы о том, что начиная со второго квартала 2014 г. по второй квартал 2016 г. наблюдалось значительное превышение предложения над спросом на мировом рынке нефти. Превышение предложения над спросом составляло от 0,5 до 2,1 млн барр. нефти в день, что стало одной из причин понижения цены на нефть в 2014 г., достигнув минимальной цены в январе 2016 г. – 27,94 долл. за барр.

Далее цена стабилизировалась в среднем на уровне 50 долл. за баррель.

Согласно аналитическому прогнозу (рис. 2), "нефтяная эра" подходит к концу, и все большую долю энергетического бизнеса вскоре начнут занимать ядерная энергетика, биотопливо и энергия возобновляемых источников. В наметившихся условиях нефтегазовой отрасли необходимо пересмотреть свои стратегии.

На основании проведенной аналитики наиболее перспективным путем адаптации нефтегазовых компаний к текущему и прогнозному изменению рынка является применение следующих маркетинговых стратегий:

– интегрированный маркетинг, включающий в себя помимо традиционного анализа рынка рекламу, PR, продвижение продаж и формирование узнаваемого бренда;

– детальное маркетинговое планирование и контроль;

– таргетированный подход – выход на перспективный растущий сегмент рынка, в котором компания сможет превзойти конкурентов и при этом быстро освоиться в изменяющихся условиях.

– стратегии инновации, которые позволят удовлетворять экологическим требованиям и одновременно минимизировать затраты компаний.

19-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА BAUMA CTT RUSSIA

А.С. Суворов

С 5 по 8 июня в "Крокус Экспо" в Москве прошла Международная выставка строительной техники bauma CTT RUSSIA-2018. Мероприятие, в первый раз прошедшее под новым брендом, улучшило результаты прошлого года и в отношении количества посетителей и участников.

Ключевые слова: *выставка; экспоненты; стенды; национальные павильоны; новинки; деловая программа; форум.*

19th INTERNATIONAL EXHIBITION BAUMA CTT RUSSIA

Suvorov A.S.

From 5 to 8 June in the "Crocus Expo" in Moscow was the International Exhibition construction equipment bauma CTT RUSSIA-2018. The event, for the first time under a new brand, improved the results of last year and in terms of the number of visitors and participants.

Keywords: *exhibition; exponentials; stands; national pavilions; novelties; business program; forum.*

В общей сложности 586 экспонентов – что на 4 больше по сравнению с прошлым годом – из 26 стран мира представили свои новинки и достижения рынку России и стран СНГ на площади в 60 тыс. м^2. В первую десятку стран-участниц вошли: Россия, Китай, Германия, Италия, Турция, Финляндия, Испания, Корея, Беларусь и Бельгия.

В этом году на выставке bauma CTT RUSSIA снова были представлены четыре национальных павильона из Китая, Финляндии, Германии и Италии.

Выставка привлекла 22 681 посетителя (+10 % по сравнению с 2017 г.) не только из России, но и из Беларуси, Казахстана и других стран СНГ.

Штефан Руммель, управляющий директор Messe M unchen, очень хорошо оценивает результаты: "Усилия, предпринятые нами для дальнейшего повышения привлекательности выставки,

 ISSN 2073-8323

В этом году на выставке bauma CTT RUSSIA было 586 экспонентов

привели к увеличению не только числа профессиональных посетителей, но и их качества". Это подтверждается участниками. Михаил Гончаров, менеджер по маркетингу в компании Putzmeister, утверждает: "На нашем стенде было больше профессиональных посетителей, чем в прошлом году".

Коммерческий директор XCMG Александр Чирков добавляет: "После того, как мы пропустили CTT в прошлом году, участие в этой крупной международной выставке было приоритетным для нас, все оборудование, представленное на нашем стенде, было продано клиентам. Мы собираемся принять участие в следующем году". Энгин Баруткуоглу, менеджер по экспорту в компании Hidromek, заявляет: "Мы удовлетворены результатами выставки. В следующем году мы планируем вдвое увеличить наш стенд и представить новые модели техники."

Выставка также привлекала чиновников из российских региональных министерств и ведомств, тем самым подчеркивая ее лидирующие позиции в отрасли в России и СНГ. "Мы рады, что благодаря нашей работе и постоянному обмену с региональными властями мы смогли приветствовать многих из них на выставке. В будущем мы планируем продолжить нашу работу в этой области", – говорит Андреас Леттль, генеральный директор "CTT Экспо".

В этом году организаторы представили участникам ряд инноваций, которые с самого начала оказались эффективными. Сокращение продолжительности выставки с пяти до четырех дней привело к большей концентрации посетителей, что было высоко оценено участниками. Особенно впечатлила участников демонстрационная площадка "Русбизнесавто", на которой состоялось выступление новой модели SDLG LG6210E – единственного гусеничного экскаватора на демо-зоны. Под героическую музыку экскаватор приподнимался на ковше, разворачивался, вытягивал стрелу. Внушительные радиусы работы экскаватора распространялись практически на всю ширину демо-площадки: радиус копания экскаватора 6210E составляет 9940 мм, глубина копания – 6730 мм, максимальная высота разгрузки – 5830 мм. Управление машины осуществляется джойстиками, что дает возможность делать точные движения стрелой и ковшом. Ёмкость ковша – 1 м^3, поэтому экскаватор всего несколькими движениями перемещал почти весь грунт, завезённый в демо-зону.

Официальным партнером SDLG и "Русбизнесавто" на bauma CTT RUSSIA 2018 стала компания "Лукойл", о чем выразительно заявляли яркие бело-красные бочки "Лукойл", расставленные на стенде. Специалисты компании знакомили гостей с линейками масел и другими товарами и услугами, предлагаемыми их компанией.

В этом году компания ТЕХИНКОМ показала крано-манипуляторные установки DY на шасси КАМАЗ и ISUZU. На стенде была представлена новинка 2018 г. – крано-манипуляторная установка DY SS1966 с грузовым моментом 19 тм, смонтированная на шасси КАМАЗ-43118. Данная модель имеет двухконтурную гидравлическую систему с раздельными клапанами для бурения и подъема груза, что обеспечивает высокую производительность и на-

На стенде "Русбизнесавто" демонстрировалась в действии строительная техника SDLG

ТЕХИНКОМ показал новинку 2018 года – крано-манипуляторную установку DY SS1966 с грузовым моментом 19 тм, смонтированную на шасси КАМАЗ-43118

дежную работу. Отрицательный угол наклона стрелы DY SS1966 позволяет выполнять подъем и опускание грузов, находящихся в карьерах, котлованах, траншеях. Крепление для навесного оборудования выполнено на заводе-изготовителе, благодаря чему сохраняются гарантийные обязательства установки. Конструкция колонны и стрелы для бурения усилена и не требует специальной доработки для установки бурового оборудования. Отдельного внимания заслуживает инновационная кабина оператора КМУ, оснащенная функцией дистанционного складывания в транспортное положение.

На выставке "Шелл" представил свои последние разработки в области инновационных смазочных материалов и рассказал о неоспоримых преимуществах использования качественной продукции, выпускаемой концерном.

Кроме того, 6 июня в рамках выставки состоялся семинар "Снижение стоимости владения строительной техникой", который провел Сергей Мошкин, специалист по применению смазочных материалов "Шелл".

На выставке "Шелл" представил свои последние разработки в области инновационных смазочных материалов

По его словам, 87 % крупных строительных компаний сталкивалось с незапланированным простоем строительной техники, при этом 60 % уверены, что он происходил из-за применяемых смазочных материалов. Одновременно в большинстве компаний (53 %) выразили уверенность, что смазочные материалы могут обеспечить сокращение расходов минимум на 5 %. Как пояснил Сергей Мошкин, в действительности использование продукции "Шелл" способно снизить общую стоимость владения техникой, в некоторых случаях, на 25 %.

WorldSkills – международное некоммерческое движение, целью которого является повышение престижа рабочих профессий и развитие навыков мастерства, представили на выставке открытые тренировки по двум компетенциям: "Обслуживание тяжелой техники" и "Бетонные строительные работы". Компании Doka и Volvo выступили спонсорами Чемпионата и предоставили материалы и оборудование.

Новые инициативы нашли свое отражение и в деловой программе выставки. Форум "Отрасль строительной и специальной техники в процессе трансформации: факторы успеха", проведенная Ассоциацией европейского бизнеса (АЕВ) в качестве первого пункта программы, привлекла первоклассных докладчиков из отраслевых ассоциаций и ключевых игроков рынка, таких как Caterpillar, JCB и Volvo. Обсуждались тренды и тенденции на рынке строительной техники в Российской Федерации и Евразии, а также прошли презентации инновационных технологий для будущего отрасли, например, беспилотные технологии и электронные паспортные системы для самоходных транспортных средств. В форуме приняли участие около 100 человек.

УДК 621.436

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В АВТОМОБИЛЬНЫХ И СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

А.А. Савастенко, канд. техн. наук, МАДИ (ГТУ); **Э.А. Савастенко,** канд. техн. наук, ООО "СпецДизель"; **В.А. Марков,** д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана; **А.Д. Денисов, В.А. Неверов**

Рассмотрены различные способы подачи воды в камеру сгорания дизеля. Показана перспективность использования в дизелях водотопливных эмульсий. Рассмотрены особенности рабочего процесса при подаче воды в камеру сгорания дизеля. Исследованы возможности улучшения экологических показателей дизеля путём применения водотопливных эмульсий. Проведена термодинамическая оценка эффекта улучшения показателей топливной экономичности дизеля, работающего на водотопливной эмульсии.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания; дизель; нефтяное дизельное топливо; вода; водотопливная эмульсия; показатели токсичности отработавших газов.*

USING WATER-FUEL EMULSIONS IN AUTOMOBILE AND SHIP DIESEL ENGINES

Savastenko A.A., Ph.D. of technical sciences; **Savastenko E.A.,** Ph.D. of technical sciences; **Markov V.A.,** Dr. of technical sciences; **Denisov A.D., Neverov V.A.**

Various methods of water supply into the combustion chamber of the diesel engine are considered. Perspectives of using water-fuel emulsions in diesel engines are shown. Features of the working process while feeding water into the diesel engine combustion chamber are considered. Opportunities of improving diesel engine environmental characteristics by applying water-fuel emulsions are investigated. Thermodynamic evaluation of the effect of the improving of the fuel efficiency characteristics of the diesel engine running on water-fuel emulsion is carried out.

Keywords: *internal combustion engine; diesel engine; petroleum diesel fuel; water; water-fuel emulsion; indicators of toxicity of the exhaust gases.*

Обоснование целесообразности подачи воды в цилиндры дизелей и способы ее подачи

Применение воды в рабочем процессе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) началось почти одновременно с их появлением. Еще в 1864 г. Гюгон для улучшения работы двигателя Ленуара подавал воду в горючую смесь [1]. В 1930-е годы впрыск воды начал использоваться в быстроходных двигателях для повышения степени сжатия (предотвращения детонационного сгорания), увеличения мощности ДВС, снижения температуры деталей двигателя. В СССР ряд тракторных двигателей работали с использованием воды. В послевоенные годы возрос интерес к использованию воды в виде водотопливных эмульсий (ВТЭ), открывающих более широкие перспективы, чем применение воды только как депрессивной среды.

Этот способ улучшения показателей работы ДВС реализуется как в бензиновых двигателях, так и в дизелях. В обоих случаях на большинстве эксплуатационных режимов улучшаются процессы смесеобразования и сгорания, уменьшается эмиссия оксидов азота, значительно снижается теплонапряженность деталей двигателя. Вместе с тем при подаче воды в цилиндры бензинового двигателя в ряде случаев отмечается ухудшение некоторых его показателей. В частности, на режимах с частичной нагрузкой чрезмерное охлаждение рабочей смеси за счет испарения воды приводит к недостаточной гомогенизации смеси, ухудшению качества рабочего процесса, увеличению продолжительности разгона автомобиля. Лучшие результаты дает подача воды в цилиндры дизелей, в которых при этом обеспечивается качественное смесеобразование и заметно снижается дымность отработавших газов (ОГ).

Таким образом, подача в камеру сгорания некоторого количества воды – один из эффективных методов улучшения экономических и экологических показателей дизелей. В настоящее время подача воды в цилиндры достаточно широко применяется в судовых дизелях. Впрыскивание в камеру сгорания (КС) этих двигателей водотопливных эмульсий позволяет решить проблемы повышения эксплуатационной топливной экономичности судовой энергетической установки, улучшения ее экологических показателей, снижения тепловой напряженности, использования вязких сортов топлива. Проводятся исследования по использованию ВТЭ в тепловозных и стационарных дизелях. Возросший интерес к подаче воды в цилиндры быстроходных дизелей автотракторного назначения обусловлен возможностью заметного улучшения показателей токсичности их ОГ [2, 3].

Разработано несколько способов подачи воды в цилиндры двигателя (рис. 1) [1]. Возможна подача воды в цилиндры двигателя в жидкой фазе или в виде пара. Подача водяного пара в КС может быть реализована в силовых установках, имеющих контур утилизации теплоты (теплоты ОГ, охлаждающей воды, смазывающего масла), отводимой от

двигателя и используемой для подогрева воды и ее испарения. Для быстроходных двигателей транспортных средств предпочтительным является подача воды в КС в жидкой фазе. Наибольшее практическое применение нашли следующие способы: впрыскивание воды непосредственно в цилиндры, применение в качестве топлива ВТЭ, подача воды на всасывание (во впускной трубопровод).

Преимуществом использования ВТЭ в качестве топлива для дизелей является не только возможность значительного снижения выбросов с ОГ оксидов азота, а также дымности ОГ, но и, при определенных условиях, – возможность улучшения показателей топливной экономичности дизеля [2, 4, 5]. Кроме того, необходимо отметить широкую доступность воды и отсутствие необходимости в расходах на ее приобретение. В связи с этим проведены многочисленные исследования по использованию ВТЭ в автомобильных двигателях, автотракторных дизелях, судовых двигателях [6, 7, 8, 9, 10]. Вместе с тем не в полной мере исследованы механизмы влияния подачи ВТЭ в цилиндры дизеля на показатели топливной экономичности и токсичности ОГ дизелей. Целью настоящего исследования является исследование эффекта снижения удельного эффективного расхода топлива и выбросов вредных веществ при подаче ВТЭ в КС дизеля.

Подачей воды в цилиндры дизеля занимались многие отечественные и зарубежные учёные. Как отмечено выше, первоначальной целью использования ВТЭ являлось снижение тепловой напряжённости деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ)

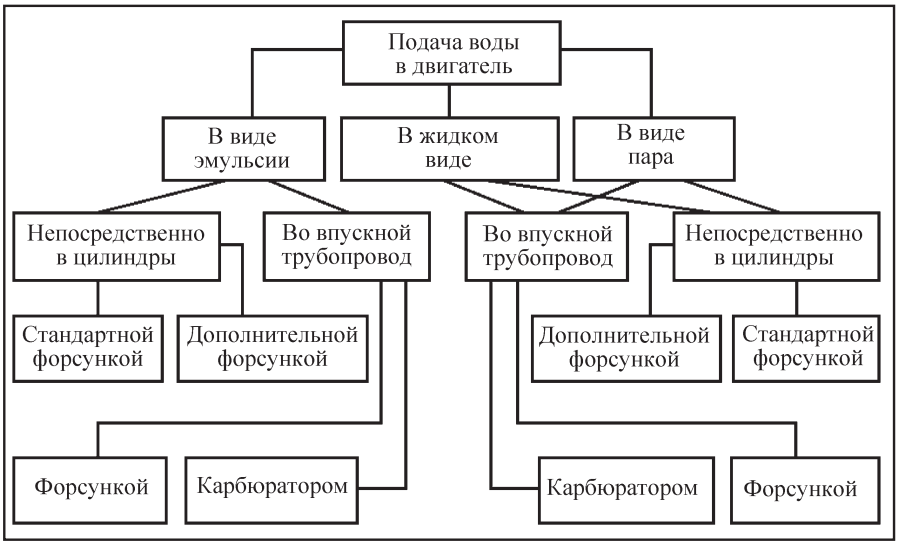


Рис. 1. *Способы подачи воды в цилиндры двигателя*

двигателя, а также снижение средней температуры цикла и предотвращение преждевременных вспышек. В начале XX века вода использовалась как антидетонатор в авиационных и тракторных ДВС. Было установлено, что эффективность использования для указанных целей воды зависит от способа её подачи в цилиндр двигателя (см. рис. 1).

В первых работах, посвященных исследованию дизелей на ВТЭ, эмульгирование дизельного топлива (ДТ) осуществлялось многократной циркуляцией ВТЭ шестерёнчатым насосом или гидродинамическим диспергатором. При этом размерность (дисперсность) капель воды составляла от 5 до 15 мкм. Оптимальным содержанием воды в эмульсии считалось 15–20 % по массе, расслоение эмульсии проходило через 1–10 мин после подготовки эмульсии.

Первые работы по применению ВТЭ для дизелей с содержанием воды в эмульгированном нефтяном дизельном топливе в количестве 10–22 % продемонстрировали снижение удельного эффективного расхода топлива [1]. Это объяснялось тем, что при испарении воды наблюдается эффект вторичного распыливания: микровзрыв капли эмульсии обеспечивает разрывы капель нефтяного дизельного топлива и доступ кислорода к углеводородам нефтепродукта. Были предприняты попытки рассмотреть влияние воды на износ деталей ЦПГ и состояние смазочного масла. Ресурсные испытания не выявили негативных последствий данного влияния в связи со снижением температуры деталей ДВС. Отмечено также снижение эмиссии оксидов азота NO_x за счёт уменьшения локальных температур на 150–200 К (данные получены методом оптического индицирования).

За рубежом проведено ряд исследований как на одноцилиндровых установках, так и на полноразмерных дизелях типа 12 ЧН 14,1/15 (Cummins VTA-1710-C) и 12 ДН 14,6/14,6 (GMC-12-149T). Показано, что добавка воды в ДТ до 25 % по массе несколько снижает дымность ОГ и эмиссию оксидов азота. Фирма Doxford Engine установила, что при пода-

че воды в малооборотный дизель в количестве от 0 до 20 %, с повышением нагрузки двигателя необходимо увеличивать её концентрацию в ВТЭ для повышения эффективных показателей самого ДВС. Особую актуальность приобретает применение ВТЭ для дизелей, работающих в условиях с ограниченным воздухообменом (подземные шахты, парниковые хозяйства, заводские цеха и т.п.). Установлено, что при подаче в дизель ВТЭ с количеством 5–10 % воды по массе к топливу можно достичь одновременного снижения выбросов оксидов азота NO_x, монооксиа углерода CO и дымности ОГ [11, 12].

Одной из основных проблем создания стойких ВТЭ является поиск недорогого, эффективного и нетоксичного эмульгатора, который смог бы обеспечить требуемую стабильность эмульсии. В качестве другого направления достижения эффективной работы дизеля на эмульгированном топливе рассматривается использование специального устройства, реализующего ввод воды в линию высокого давления системы топливоподачи дизеля. В качестве такого устройства обычно используется клапан импульсной подпитки линии высокого давления дизельной топливоподающей аппаратуры, называемый также клапаном регулирования начального давления (РНД) [11, 13, 14].

Оценка необходимой цикловой подачи водотопливной эмульсии и расчет диаграмм изменения давления газов в цилиндре дизеля при работе на нефтяном дизельном топливе и на водотопливной эмульсии

Одной из задач создания систем подачи ВТЭ в камеру сгорания (КС) дизеля является расчет необходимого объёма впрыскиваемой в КС эмульсии. При определении расхода ВТЭ с использованием правила аддитивности определяется удельный объём эмульсии по формуле:

$$V_э = V_т k_т + V_в k_в + V_{air} k_{air},$$

где $V_э$, $V_т$, $V_в$ и V_{air} – удельные объёмы эмульсии, топлива, воды и воздуха; k – массовая доля компонента; удельный объем топлива связан с плотностью отношением $V_т = 1/c_т$; $c_т$ – плотность топлива [г/см^3]. Учитывая, что $k_в + k_т + k_{air} = 1$, находится массовая доля воздуха $k_в$:

$$k_в = \frac{\left[\frac{1}{\rho_в} - \frac{1}{\rho_т} - k_{air}\left(\frac{1}{\rho_{air}} - \frac{1}{\rho_т}\right)\right]}{\frac{1}{\rho_в} - \frac{1}{\rho_т}}.$$

Полагая, что:

$$\frac{1}{\rho_т} \approx 1{,}2 \text{ см}^3/\text{г} << << \frac{1}{\rho_{air}} \approx 770 \text{ см}^3/\text{г}.$$

Окончательно получаем:

$$k_в = \frac{\frac{1}{\rho_в} - \frac{1}{\rho_т} - k_{air}\frac{1}{\rho_{air}}}{\frac{1}{\rho_в} - \frac{1}{\rho_т}}.$$

Содержание воздуха в ВТЭ определяем по методике, где учитывается дезаэрированная жидкость и газовая эмульсия:

$$V_э = V_ж k_ж + V_{air} k_{air};$$

$$k_ж + k_{air} = 1;$$

$$k_{air} = \left(\frac{1}{\rho_э} - \frac{1}{\rho_ж}\right)\rho_{air},$$

где плотность эмульсии $\rho_э$ определяется для различных ВТЭ экспериментально.

При проведении расчётных исследований дизеля, работающего на ВТЭ (особенно при содержании воды до 40–55 % по массе), необходимо учитывать затраты тепла на испарение воды. Уравнение баланса теплоты записывается в следующем виде:

$$dQ_{сг} = g_{т.ц} Q_н d\chi,$$

где $dQ_{сг}$ – количество теплоты, выделившееся при сгорании элементарной массы топлива; $g_{т.ц}$ – цикловая подача топлива; $Q_н = Q_{нт}(1 - k_в) - l_в k_в$ – низшая теплотворная способность топлива; χ – тепловыделение; $k_в$ – содержание (% масс.) воды в топливе, $l_в$ = 2340 кДж/кг – теплота парообразования воды. В уравнение материального баланса вводится дополнительный член, учитывающий образование паров по мере выгорания топлива:

$$dG''_{сг} = k_в g_{т.ц} d\chi.$$

Тогда уравнения для расчёта количества воздуха и газов при сгорании имеют вид:

$$dG = -L_о g_{т.ц}(1 - k_в) d\chi;$$

$$dG' = (1 + L_о) g_{т.ц}(1 - k_в) d\chi,$$

где $L_о$ – количество воздуха, необходимое для сгорания топлива [кмоль/кг]. Расчет по этой методике ЦНИДИ проведен для дизеля типа 1ЧН 16/17, работающего на нефтяном дизельном топливе (ДТ) и на ВТЭ, содержащей 50 % воды. Полученные диаграммы изменения давления газов в цилиндре при работе на указанных топливах представлены на рис. 2. Следует отметить, что учёт затрат на испарение воды в КС дизеля даёт повышение точности получаемых результатов на 8–10 %.

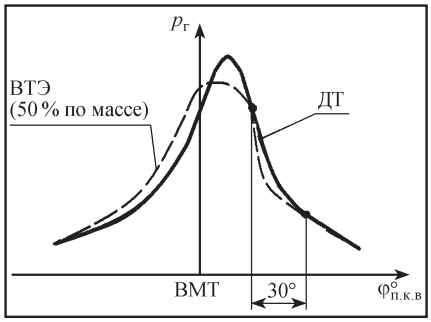


Рис. 2. *Диаграммы изменения давления газов $p_г$ в цилиндре при работе на нефтяном ДТ и на ВТЭ, содержащей 50 % воды; ВМТ – верхняя мертвая точка; φ – угол поворота коленчатого вала (п.к.в.) двигателя [град]*

По результатам проведенного расчета сделаны следующие выводы. При работе на ВТЭ более чем в 2 раза увеличивается тепловыделение на начальном участке диаграммы, а общая продолжительность сгорания φ_z сокращается на 15–20° поворота коленчатого вала (п.к.в.). Тепловые потери в стенки цилиндра снижаются на 4–5 % при уменьшении максимальной температуры цикла на 150–200 К. По отмеченному снижению дымности ОГ и образованию твёрдых частиц при использовании ВТЭ можно отметить следующее. Крекинг топлива, способствующий сажеобразованию, происходит преимущественно в высокотемпературных слоях КС. Неравномерность температурного поля по КС предполагает обязательное наличие зон, температуры которых значительно ниже среднемассовой. В этих зонах повышается вероятность гашения пламени, что ведёт к затормаживанию процесса выгорания сажи и может способствовать процессам, ведущим к её образованию (конденсации). Подтверждаются положения проф. С.А. Батурина в части протекания реакций, сходных с реакциями газификации углерода [12].

Необходимо подробнее остановиться на возможностях улучшения экологических показателей дизеля при его работе на ВТЭ. Дискуссионным является вопрос об эффекте "микровзрывов" (взрывоподобное испарение воды с КС дизеля) при объяснении механизма воздействия ВТЭ на рабочий процесс дизеля. Так, в частности, результаты обработки индикаторных диаграмм ряда дизелей показали, что с увеличением содержания воды в ВТЭ несколько увеличивается продолжительность впрыскивания ($\varphi^{0}_{впр}$) из-за увеличения цикловой подачи топлива ($g_{т.ц}$), возрастают время (период) задержки воспламенения (τ_i) и скорость нарастания давления при сгорании $(dp/d\varphi)_{max}$. В связи с увеличением цикловой подачи топлива $g_{т.ц}$ почти в два раза и снижением относительных утечек наблюдается небольшой рост динамического угла опережения впрыскивания топлива. В целом же, при использовании ВТЭ с содержанием воды 50 % по массе на режиме полной мощности обеспечивается снижение дымности ОГ, уменьшение выброса оксидов азота NO_x, на 100–120 К снижается температура ОГ. На основании экспериментальных и расчётных данных работ [11, 13], полученных на одноцилиндровых и полноразмерных дизельных установках и "бомбе" постоянного объёма, можно сделать следующие выводы:

– при использовании эмульгированного топлива наблюдается увеличение скорости и эффективности сгорания, связанное с увеличением объёма струи ВТЭ по сравнению со струей дизельного топлива и с соответствующим улучшением подвода воздуха в зоны горения. Но данный фактор не является единственным, так как при достижении аналогичных углов раскрытия струи при работе на дизельном топливе за счёт изменения соотношения длины и диаметра отверстий распылителя форсунки экономический и экологический эффекты были существенно ниже;

– пары воды, содержащейся в ВТЭ, или продукты её диссоциации обладают промотирующим эффектом в процессе сгорания, позволяя получить положительный эффект за счёт более полного вовлечения в процесс сгорания углерода, содержащегося в монооксиде углерода и саже;

– при наложении индикаторных диаграмм дизеля, работающего на чистом ДТ и ВТЭ (50 % воды по массе), отмечается увеличение среднего индикаторного давления за счёт увеличения полноты диаграмм на линии расширения (полноты сгорания топлива);

– при предварительной оценке коррозионного воздействия ВТЭ на детали топливоподающей аппаратуры дизеля (в первую очередь – плунжерных пар топливного насоса высокого давления – ТНВД) не обнаружено "прихватов" между ними в течение 42 дней нахождения в данной водной среде;

– рекомендовано изменить геометрические размеры плунжерных пар ТНВД в целях обеспечения его необходимой производительности в связи с увеличением цикловой подачи топлива $g_{т.ц}$ (массовой) при подаче высококонцентрированных ВТЭ (содержащих большое количество воды);

– для каждого нагрузочного режима работы дизеля отмечен свой оптимальный состав ВТЭ

(оптимальное процентное содержание воды в ВТЭ).

Оценка теплового баланса дизеля при использовании ВТЭ

Термодинамический расчёт цикла дизеля типа М-146 (ЦНИДИ) для режима номинальной мощности проведен по методике работы [12]. При этом использованы необходимые экспериментальные данные и получены диаграммы изменения давления и температуры газов в цилиндре дизеля при работе на нефтяном дизельном топливе и на водотопливной эмульсии с содержанием воды, равным 50 % по массе. По результатам проведенных расчетных исследований отмечено существенное перераспределение составляющих теплового баланса. Полученное увеличение эффективного КПД η_e дизеля на 7,4 % складывается из составляющих, приведенных в табл. 1.

Сравнительный анализ закономерностей развития струй ДТ и ВТЭ, а также законов тепловыделения, позволяют сделать следующие выводы:

– на начальном этапе сгорания определяющими являются физические факторы (увеличение объёма струй, увеличение количества и дисперсности капель ВТЭ и, как следствие, улучшение процесса смесеобразования, благодаря вовлечению дополнительного количества воздуха). Отрицательным фактором на данной стадии является процесс снижения температуры за счёт затрат на испарение воды. На данной стадии (период задержки воспламенения τ_i) температуры в зоне реакций относительно низкие и, следовательно, значительного воздействия химических факторов присутствия воды не наблюдается;

– в процессе сгорания при высоких температурах осуществляется преимущественно свободно-радикальный механизм реакций. Зона реакции дополнительно насыщается радикалами OH, HO_2, атомарным кислородом и H_2 (это продукты реакций диссоциации воды).

Таблица 1

Составляющие теплового баланса исследуемого дизеля при работе на водотопливной эмульсии с содержанием воды, равным 50 % по массе, по сравнению с работой на нефтяном дизельном топливе (в качестве базового принято увеличение эффективного КПД η_e дизеля на 7,4 %)

Составляющие теплового баланса	Величина улучшения составляющей, %
Тепловой эффект от догорания монооксида углерода CO	9,9
Тепловой эффект от догорания сажи C (углерод)	11,6
Уменьшение доли тепла, отводимого с ОГ	63–78
Уменьшение доли тепла, отданного в поршень	3,4
Уменьшение доли тепла отданного в выпускной коллектор	6,0

Расчёт относительного изменения распределения подведённого тепла при применении ВТЭ

При проведении расчётного исследования относительного изменения распределения подведённого тепла при применении в качестве топлива для судовых дизелей ВТЭ с содержанием воды 50 % были получены следующие результаты (табл. 2) [12]. В частности, увеличение эффективного КПД η_e дизеля составило около 7,4 % по сравнению с работой на нефтяном ДТ.

При расчетных исследованиях получены следующие результаты.

1. При работе дизеля на ВТЭ имеет место относительное изменение эффективного КПД по сравнению с работой на ДТ:

$$\Delta\eta_e = \frac{\eta_{e\,\text{дт}} - \eta_{e\,\text{втэ}}}{\eta_{e\,\text{дт}}} 100\,\% = \left(1 - \frac{Q_\text{н} G_\text{ВТЭ}}{Q_\text{н} G_\text{дт}}\right) 100\,\% = 7{,}407\,\%,$$

где располагаемое тепло, полученное при сгорании нефтяного ДТ, определяется в виде $Q_\text{расп} = Q_\text{н} G_\text{дт}$ [кДж/ч]; $Q_\text{н}$ – низшая теплота сгорания [кДж/кг]; увеличение располагаемой теплоты при переходе на ВТЭ составило $\Delta Q = \Delta\eta_e Q_\text{расп} = 600\,000$ [кДж/ч].

2. Полученный эффект складывается из следующих составляющих:

$$\Delta Q = \Delta Q_\text{CO} + \Delta Q_\text{с} + \Delta Q_\text{п+к} + \Delta Q_\text{к} + \Delta Q_\text{ог}, \quad (1)$$

где ΔQ_CO – тепловой эффект от догорания CO; $\Delta Q_\text{с}$ – тепловой эффект от догорания сажи; $\Delta Q_\text{п+к}$ – уменьшение доли тепла, отданного в поршень и в корпусные детали (гильза, блок цилиндров и др.); $\Delta Q_\text{к}$ – уменьшение до-

Таблица 2

Параметры исследуемого дизеля при работе на водотопливной эмульсии с содержанием воды, равным 50 % по массе, и на нефтяном дизельном топливе (получено увеличение эффективного КПД η_e дизеля на 7,4 %)

Параметр	Обозначение	Размерность	Значение параметра	
			Работа на ВТЭ	Работа на ДТ
Часовой расход нефтяного ДТ и ВТЭ	$G_{ВТЭ}$, $G_{дт}$	кг/ч	317,7	190,1
Приведенный (с учетом теплотворной способности) часовой расход нефтяного ДТ и ВТЭ	$G_{ВТЭ\ пр}$, $G_{дт\ пр}$	кг/ч	176,0	190,1
Эффективный расход топлива, приведённый к нормальным атмосферным условиям	g_e	г/(лс·ч)	160,0	172,8
Содержание H_2O в ВТЭ	$k_в$	по массе, %	44,6	–
Содержание CO в ОГ	[CO]	по объёму, %	0,045	0,120
Дымность ОГ	R	ед. Бош	0,70	4,85
Содержание сажи	[C]	г/м^3	0,03	0,45
Расход воздуха	G_{air}	кг/с	1,68	1,81
Температура ОГ в объединённом патрубке	$T_{ОГ}$	K	370	400
Коэффициент избытка воздуха	a_Σ	–	2,37	2,31

ли тепла, отданного в выпускной коллектор; $\Delta Q_{ог}$ – уменьшение доли тепла, отводимого с ОГ.

2.1. Тепловой эффект от догорания CO:

– массовый выброс CO определен в виде:

$$G_{CO} = \frac{G_{air}3600}{k_{air}k_{CO}}, \qquad (2)$$

где k_{air} – удельная масса воздуха; k_{CO} – удельная масса CO;

– при сгорании нефтяного ДТ:

$$G_{CO} = \frac{1{,}81\cdot 3600\cdot 0{,}12}{1{,}2929\cdot 1{,}2505\cdot 100} = 7{,}562 \text{ кг/ч};$$

– при сгорании ВТЭ:

$$G_{CO} = \frac{1{,}684\cdot 3600\cdot 0{,}045}{1{,}2929\cdot 1{,}2505\cdot 100} = 1{,}687 \text{ кг/ч}.$$

Таким образом, при сгорании ВТЭ произошло дополнительное окисление 5,875 кг/ч монооксида углерода по реакции:

$$CO + 0{,}5O_2 = CO_2 - 283{,}01\cdot 10^6 \text{ (Дж/кмоль)}.$$

Вес 1 кмоль CO: M_{CO} = 12 + 16 = = 28 кг, следовательно, тепловой эффект от сгорания CO составил

$$\Delta Q_{CO} = \frac{\Delta G_{CO}\,283{,}01\cdot 10^6}{M_{CO}} = 59\,500 \text{ кДж/ч}.$$

2.2. Тепловой эффект от сгорания сажи.

Для упрощения расчетов принято, что сажа, содержащаяся в ОГ, состоит из чистого углерода. Тогда при расчете массовый выброс углерода определяется в виде:

$$G_c = [C]G_{air}3600 \text{ [кг/ч]}; \qquad (3)$$

– при сгорании нефтяного ДТ:

$$G_c = (0{,}45\cdot 1{,}81\cdot 3600)/1000 = 2{,}2679 \text{ кг/ч};$$

– при сгорании ВТЭ:

$$G_{c\ ВТЭ} = (0{,}03\cdot 1{,}684\cdot 3600)/1000 = 0{,}14067 \text{ кг/ч}.$$

Таким образом, при сгорании ВТЭ произошло дополнительное окисление 2,127 кг/ч углерода по реакции:

$$C_т + O_2 = CO_2 - 393{,}51\cdot 10^6 \text{ Дж/кмоль}.$$

Вес 1 кмоль С → M_c = 12 кг. Тогда тепловой эффект от сгорания С составил:

$$\Delta Q_C = \frac{\Delta G_C 393{,}51 \cdot 10^6}{M_C} = 69\,500 \text{ кДж/ч}.$$

2.3 Изменение доли тепла, отводимого с ОГ.

Энтальпия ОГ выражается в виде:

$$H = C_p G_{ог} T_{ог} \text{ (кДж)}.$$

Относительная разница энтальпий:

$$E = \frac{H_{дт} - H_{втэ}}{H_{втэ}} 100\,\%. \quad (4)$$

Теплоёмкость C_p при постоянном давлении определялась по эмпирическим зависимостям.

Проведенные по представленной методике расчеты показали, что повышение эффективного КПД при работе дизеля на ВТЭ складывается из следующих составляющих уравнения (1):

$$\Delta Q_{CO} = 9{,}87\,\%; \Delta Q_C = 11{,}6\,\%;$$

$$\Delta Q_{п+к} = 3{,}35\,\%; \ \Delta Q_к = 6{,}25\,\%;$$

$$\Delta Q_{ог} = 77{,}8 - 63{,}3\,\%.$$

Разница между расчётными и экспериментальными результатами работ [11, 12] составила около 9 %.

В соответствии с проведенными исследованиями, а также данными работы [12], можно отметить следующие эффекты воздействия ВТЭ на процесс сгорания, показатели топливной экономичности и токсичности ОГ:

– явление "микровзрывов" делает распыливание топлива более тонким, улучшается процесс газификации жидкого топлива и качество процесса сгорания;

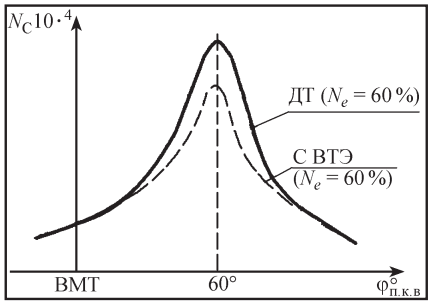


Рис. 3. *Диаграммы изменения сажевыделения при работе на нефтяном ДТ и на ВТЭ (φ – угол поворота коленчатого вала (п.к.в.) двигателя [град]. Дизель 8 ЧН 13/14 речного судна. Эмульгатор – мазут марки М-500 (около 3 %); вода (около 17 %), нефтяное ДТ (около 80 %), N_C – массовое содержание сажи; нагрузка – 60 % от полной*

– в результате наблюдается снижение удельного эффективного расхода топлива g_e на 7,4 %;

– переход на ВТЭ снижает дымность ОГ и выброс оксидов азота на 7–10 %;

– переход на ВТЭ увеличивает эмиссию несгоревших углеводородов CH_x на 15–20 %.

Применение водотопливных эмульсий позволяет получить эффект по улучшению показателей и в судовых дизелях. При использовании в среднеоборотных судовых дизелях недорогого низкосортного дизельного топлива также целесообразно его эмульгирование. Это позволяет снизить удельный эффективный расход топлива и уменьшить эмиссию сажи. Снижение сажесодержания наблюдается на участке выгорания от $\varphi^0_{п.к.в}$ (где N_C = max) до момента открытия выпускного клапана (см. рис. 3) [12]. Наибольший эффект по снижению N_C наблюдается при работе на режимах внешней скоростной характеристики.

Механизм воздействия ВТЭ на рабочий процесс и параметры дизеля

Это совокупное воздействие заключается во влияние на рабочий процесс ряда физических и химических факторов, связанных с участием воды в процессе смесеобразования и сгорания. Отметим основные из них:

– "микровзрывы" капель воды, содержащейся в эмульсии, при их нагреве, вызванные пониженной температурой кипения воды (у воды – 100 °С, у нефтяного ДТ температурный диапазон выкипания фракций обычно составляет 180–360 °С). Этот эффект приводит к "вторичному" распыливанию дизельного топлива при взрыве капли воды в топливной струе. В результате достигается повышение однородности топливовоздушной смеси, которое приводит к уменьшению переобогащённых топливом зон, в которых происходит крекинг-процесс при диффузионном сгорании. Таким образом, подавляется основной процесс образования сажи в цилиндре дизеля;

– на скорость сажеобразования существенное влияние оказывает и температурный фактор. Снижение локальной температуры в очагах горения, вызванное затратами теплоты на испарение и диссоциацию воды, резко замедляет процессы образования зародышей сажистых частиц (измеренное снижение температуры пламени на начальный период сгорания составляет величину порядка 100 °С);

– отмечается водородное торможение процесса роста сажи-

стых частиц. Этот эффект вызван адгезионными процессами на поверхности сажистых частиц, а также действием обратных реакций термического крекинга углеводородов, при котором водород является одним из конечных продуктов. Тогда, согласно принципу Ле-Шателье, увеличение концентрации водорода в системе вызывает сдвиг равновесия в сторону исходных веществ указанной реакции, т.е. для данного случая замедлит процесс сажеобразования;

– при избытке водяных паров в рабочей смеси увеличивается и скорость массового выгорания сажи. Согласно общей схеме механизма выгорания сажи в камере сгорания сажи в этом случае повышается значимость реакции "влажной" газификации углерода сажистых частиц.

Выводы по механизму действия ВТЭ на рабочий процесс и показатели дизеля

Проведенный анализ показывает, что положительными факторами, уменьшающими образование сажи в цилиндрах дизеля при работе на ВТЭ, являются:

– повышение качества (гомогенности) горючей смеси вследствие эффекта "микровзрывов" капель воды, содержащихся в эмульгированном топливе;

– снижение скорости химических процессов образования сажи вследствие уменьшения температуры процесса сгорания и эффекта водородного торможения роста сажевых частиц;

– химическая интенсификация процесса газификации сажистых частиц вследствие наличия паров воды в камере сгорания;

– увеличение на 1–2 град. п.к.в. периода задержки воспламенения (τ_i) вследствие увеличения отвода теплоты от рабочей смеси при испарении капель воды;

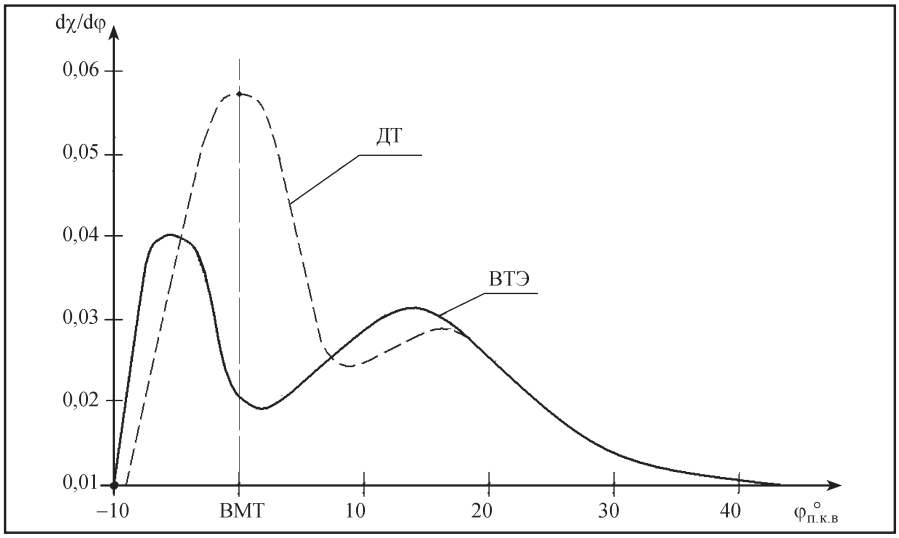


Рис. 4. *Скорость тепловыделения в дизеле типа 8 ЧН 13/14, работающем на режиме с частотой вращения n = 1700 мин$^{-1}$, нагрузкой, соответствующей среднему индикаторному давлению p_e = 0,54 МПа, на нефтяном ДТ и ВТЭ*

– следствием увеличения τ_i является рост максимальной скорости нарастания давления газов в цилиндре при сгорании $(d\rho/d\varphi)_{max}$ на 0,05–0,15 МПа/град. п.к.в.;

– отмечена и трансформация скорости активного тепловыделения ($d\chi/d\varphi$) (рис. 4) [12];

– по рис. 4 следует отметить, что при работе на ВТЭ график тепловыделения в первой фазе сдвинут к ВМТ, но окончание периода активного тепловыделения одинаково. В результате теплота, подведённая с топливом, используется за более короткий промежуток времени. Таким образом, обеспечиваются условия для уменьшения тепловых потерь в стенки цилиндра и корпусные детали (гильза, блок цилиндров и др.) и снижения удельного эффективного расхода топлива g_e;

– при небольшом содержании воды в ВТЭ (около 17 %) влияние ВТЭ на эмиссию NO_x с ОГ дизеля сравнительно невелико. На номинальном режиме работы выброс оксидов азота NO_x снижается на 7–10 %.

Заключение

Проблема обеспечения работы дизелей на ВТЭ на сегодняшний день весьма актуальна. Это связано, в первую очередь, с необходимостью снижения токсичности и дымности отработавших газов. Кроме того, применение мульгированного топлива позволяет снизить удельный эффективный расход топлива и обеспечить уменьшение термонапряжённости деталей цилиндропоршневой группы двигателя и корпусных деталей (гильза, блок цилиндров и др.) современных высокофорсированных дизелей.

Актуальность использования ВТЭ в дизелях еще более актуальна при работе на эмульгированных биотопливах. Это обусловле-

но тем, что биотоплива, получаемые из растительных масел, имеют склонность к коксованию в условиях камеры сгорания дизеля. Эмульгирование этих топлив эффективно решает эту проблему.

Организация подачи ВТЭ в цилиндры дизеля возможна различными способами. Современная топливоподающая аппаратура (за исключением насосов-форсунок) состоит из трубопроводов и линии высокого давления, для которых почти всегда характерны волновые процессы, приводящие к пульсации давления топлива. Для организации подачи ВТЭ возможно использование этих волновых процессов (так называемые системы импульсной подпитки, в которых вода подается в линию высокого давления дизельной системы топливоподачи в период между впрыскиваниями). Используя разработанные ранее в РУДН и МГТУ им. Н.Э. Баумана устройства для подачи различных альтернативных топлив, можно достичь выполнения современных европейских норм (Euro III, IV и V) по токсичности и дымности ОГ дизелей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Александров А.А., Архаров И.А., Марков В.А. и др.** Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания // Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. 791 с.

2. **Парсаданов И.В.** Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия. Харьков: Изд-во Харьковского политехнического института, 2003. 244 с.

3. **Лерман Е.Ю., Гладков О.А.** Высококонцентрированные водотопливные эмульсии – эффективное средство улучшения экологических показателей легких быстроходных дизелей // Двигателестроение. 1986. № 10. С. 35–37.

4. **Марков В.А., Девянин С.Н., Шумовский В.А. и др.** Работа дизелей на водотопливных эмульсиях // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 3. С. 67–71.

5. **Марков В.А., Тарантин С.А., Девянин С.Н.** Использование водотопливных эмульсий в качестве топлива для дизелей // Грузовик. 2012. № 8. С. 33–42.

6. **Малов Р.В., Пекшев В.В.** Эмульгирование топлива и экологические характеристики дизеля // Автомобильная промышленность. 1992. № 8. С. 15–18.

7. **Лиханов В.А., Сайкин А.М.** Снижение токсичности автотракторных дизелей. М.: Колос, 1994. 224 с.

8. **Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д.** Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. Л.: Судостроение, 1988. 105 с.

9. **Kee S.-S., Mohammadi A., Hirano H.** Experimental Study on Combustion Characteristics and Emissions Reduction of Emulsified Fuels in Diesel Combustion Using a Rapid Compression Machine // SAE Technical Paper Series. 2003. № 2003-01-1792. P. 1–8.

10. **Hountalas D.T., Mavropoulos G.C., Zannis T.C. et al.** Use of Water Emulsion and Intake Water Injection as NOx Reduction Techniques for Heavy Duty Diesel Engines // SAE Technical Paper Series. 2006. № 2006-01-1414. P. 1–15.

11. **Савастенко А.А.** Снижение дымности и повышение эффективности дизеля применением металлонеорганических присадок к топливу: Дис. ... к.т.н.: 05.04.02 – тепловые двигатели. М.: МАМИ, 1988. 169 с.

12. **Лерман Е.Ю.** Снижение токсичности и вредных выбросов легких быстроходных четырехтактных дизелей: Дис. ... к.т.н.: 05.04.02 – тепловые двигатели. Л.: ЦНИДИ, 1985. 260 с.

13. **Савастенко А.А., Савастенко Э.А., Лепетан Л.В., Чум-Барима Р.** Перспективы применения клапана регулировки начального давления в топливной аппаратуре автотракторного дизеля // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2017. Том 16. № 6. С. 203–209.

14. **Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И.** Токсичность отработавших газов дизелей. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 376 с.

Ссылка для цитирования

Савастенко А.А., Савастенко Э.А., Марков В.А., Неверов В.А. Использование водотопливных эмульсий в автомобильных и судовых дизелях // Журнал "АГЗК + АТ", 2018. Т. 17. № 10. С. 440–448.

Внимание авторов!

Требования к оформлению статей, присылаемых для публикации, можно найти на сайте **www.mashin.ru**

УДК 621.43

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА СПИРТОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ

В.А. Лиханов, д-р техн. наук; **О.П. Лопатин,** канд. техн. наук, ФГБОУ ВО Вятская государственная сельскохозяйственная академия, г. Киров

Актуальность статьи обусловлена необходимостью замещения традиционных нефтяных моторных топлив альтернативными, получаемыми из ненефтяного сырья. Достаточно хорошую перспективу имеют различные спиртовые топлива, позволяющие по своим физико-химическим свойствам использовать их в качестве добавок в штатное нефтяное топливо, тем самым замещая его и значительно снижая вредные выбросы отработавших газов в атмосферу. Подтверждена эффективность использования этанола и метанола в качестве экологической добавки к нефтяному дизельному топливу и экспериментально доказана возможность значительного снижения токсичности и дымности отработавших газов при работе дизеля на спиртотопливных эмульсиях.

Ключевые слова: *дизель; этанол; метанол; эмульсия; токсичность; отработавшие газы.*

THE STUDY LOAD MODES OF OPERATION OF THE DIESEL ENGINE ON ALCOHOL-FUEL EMULSIONS

Likhanov V.A., Dr. of technical sciences; **Lopatin O.P.,** Ph.D. of technical sciences, FGBOU VO Vyatka State Agricultural Academy, Kirov city

The relevance of the article is due to the need to replace traditional oil motor fuels with alternative ones obtained from non-oil raw materials. Quite a good prospect are various alcohol fuels, allowing for their physical and chemical properties to use them as additives in regular oil fuel, thereby replacing it and significantly reducing harmful emissions of exhaust gases into the atmosphere. Confirmed the effectiveness of the use of ethanol and methanol in an environmentally friendly additive to petroleum diesel fuel and experimentally proved the possibility of significantly reducing the toxicity and smoke opacity of the exhaust gases of the diesel on the alcohol-fuel emulsions.

Keywords: *diesel; ethanol; methanol; emulsion; toxicity; exhaust gases.*

Глобальные проблемы современной цивилизации – энергетические и экологические – непосредственно связаны с развитием поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), как основных потребителей топлив нефтяного происхождения и источников загрязнения окружающей среды. Поскольку ДВС нашли широчайшее распространение в качестве силового агрегата автотранспорта, то, естественно, они должны характеризоваться не только высокой топливной экономичностью, но и необходимой экологической безопасностью в соответствии с действующими нормами и правилами. Очевидно, что улучшение экологических параметров – одна из главных задач современного дизелестроения. Жесткие законодательные требования, введенные в настоящее время практически во всех развитых странах мира, предусматривают ограничения концентраций в продуктах сгорания дизелей четырех вредных компонентов: оксидов азота (NO_x), твердых частиц, оксида углерода (CO) и углеводородных соединений (CH_x). Из них первые два представляют наиболее большую опасность для человека, флоры и фауны. В общем количестве твердых частиц преобладают частицы органического происхождения: углерод (чистая сажа) – примерно 70 % и полициклические ароматические углеводороды – около 25 %. Частицы неорганического происхождения (зола от присадок моторного масла, частицы солей и ржавчины, металлические частицы и керамическое волокно) составляют остальную часть (~5 %). Размеры частиц сажи, образованных в камерах сгорания дизелей, изменяются в пределах 0,01–10,0 мкм, при этом максимум распределения по размерам приходится приблизительно на 0,1 мкм. Кроме того, они являются основными генераторами излучения и играют заметную роль в радиационно-конвективном теплообмене в камере сгорания дизеля [1].

Экологическая безопасность дизеля во многом зависит от вида используемого в нем энергоносителя, поэтому наряду с традиционными нефтяными энергоносителями все чаще находят применение альтернативные виды топлива. Альтернативные энергоносители условно можно разделить на три категории. К первой категории можно отнести смесевые горючие, содержащие нефтяные топлива с добавками спиртов, растительных масел, эфиров и других топлив ненефтяного происхождения. Вторая категория включает синтетические жидкие топлива, получаемые при переработке твердого, жидкого или газообразного углеводородного сырья (природного газа и газовых конденсатов, угля, горючих сланцев и т.д.). Третью категорию составляют энергоносители ненефтяного происхождения (спирты, растительные масла, эфиры, газообразные топлива и др.). Следует отметить, что альтернативные энергоносители третьей категории обычно имеют физико-химические свойства, отличные от свойств штатного нефтяного дизельного топлива, которое является основным видом топлива для дизелей. Поэтому для их применения необходима адаптация этих

энергоносителей к использованию в дизелях, а также к транспортировке, хранению и заправке на существующих автомобильных заправочных станциях [2].

Необходимо отметить перспективность использования альтернативных смесевых энергоносителей в дизелях, не требующих внесения серьезных конструктивных изменений для их подачи в камеру сгорания топливоподающей аппаратуры. Привлекательность же топлив на основе спирта заключается в том, что их можно получить из любого углеводородного сырья, как минерального (природный газ, уголь, горючие сланцы), так и органического (картофель, свекла, другие сельскохозяйственные культуры, растительные отходы, водоросли и др.). Среди преимуществ спиртовых топлив необходимо также отметить наличие в их молекулах атомов кислорода, что позволяет заметно улучшить показатели токсичности отработавших газов (ОГ) ДВС [3].

Простейший из спиртов – метанол (CH_3OH) легко смешивается с водой в любых соотношениях, смешивается со спиртами, бензолом, ацетоном и другими органическими растворителями. Обладает высоким октановым числом 112 (по исследовательскому методу, табл. 1), поэтому его добавляют в автомобильные бензины. Другой характерный представитель спиртов – этанол (C_2H_5OH) смешивается с водой в любых пропорциях. Этанол и метанол являются привлекательными для использования в ДВС, поскольку они обладают хорошими экологическими качествами и возможностью получения из различных сырьевых ресурсов. Их производство возможно из биомассы, различных отходов, бытового и строительного мусора, бумаги. Основные показатели, характеризующие этанол и метанол как топливо для дизеля, представлены в табл. 1.

В Вятской государственной сельскохозяйственной академии проведены исследования дизеля на спиртотопливных эмульсиях (СТЭ, спирт (метанол или этанол) – 25 %, моюще-диспергирующая присадка сукцинимид С–5А – 0,5 %, вода – 7 %, дизельное топливо – 67,5 %). Исследования нагрузочных характеристик дизеля выполнялись на двух скоростных режимах (номинальный и при максимальном крутящем моменте) [4].

Таблица 1

Основные показатели этанола и метанола

Показатель	Этанол	Метанол
Химическая формула	C_2H_5OH	CH_3OH
Плотность при 20 °С, кг/м^3	789,0	791,7
Цетановое число	8	5
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	26 800	19 670
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	9,01	6,49
Октановое число по моторному методу	99	98
Октановое число по исследовательскому методу	111	112
Температура самовоспламенения, °С, не менее	404	464
Температура вспышки, °С	12,2	10,0
Концентрационные пределы воспламенения, %	3,2–19,0	6,7–36,5
Теплота испарения, кДж/кг	870	1115

Характеристики мощностных и экономических параметров работы дизеля 4Ч 11,0/12,5, зависящие от его нагрузки, изображены на рис. 1. Анализируя эффективные параметры работы дизеля на СТЭ, следует отметить, что происходит сохранение мощностных показателей и соответствие их значениям дизельного процесса (ДП), при этом увеличивается часовой расход топлива $G_т$ и удельный эффективный расход топлива g_e. Так, например, при переходе с ДП на метаноло-топливную эмульсию (МТЭ) при минимальной нагрузке (p_e = 0,13 МПа) $G_т$ повышается в 2,0 раза, а при нагрузке, равной 0,70 МПа, – на 21,2 %. Величина часового расхода дизельного топлива в составе СТЭ $G_{ДТ\ прив}$ при малых нагрузках растет по отношению к дизельному процессу, а при средних и максимальных снижается. Величина же удельного эффективного расхода топлива в составе СТЭ $g_{e\ ДТ\ прив}$ ниже ДП во всем диапазоне исследования нагрузки. Применение СТЭ приводит к снижению часового расхода воздуха $G_в$, коэффициента избытка воздуха α, эффективного коэффициента полезного действия η_e и температуры отработавших газов (ОГ) $t_г$ [5].

Таким образом, на номинальном режиме работы применение СТЭ приводит к следующим значениям мощностных и экономических показателей работы дизеля, указанным в табл. 2.

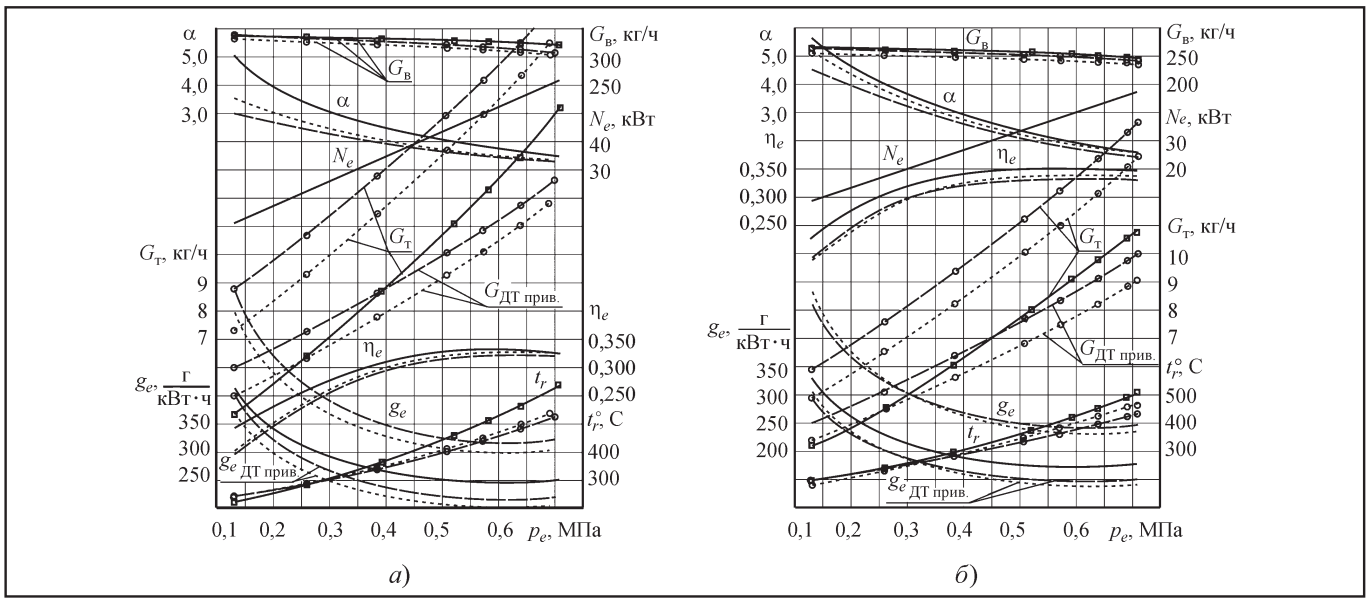


Рис. 1. *Изменение мощностных и экономических параметров работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки:*
а – n = 2200 мин$^{-1}$; *б* – n = 1700 мин$^{-1}$;
□——□ – ДП; ○·····○ – ЭТЭ; ○-----○ – МТЭ

Таблица 2

Результаты исследований мощностных и экономических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 при $\Theta_{впр}$ = 23° и номинальном режиме (n = 2200 мин$^{-1}$, p_e = 0,64 МПа)

Топливо	Показатели				
	Эффективная мощность N_e, кВт	Расход топлива			
		удельный эффективный g_e, г/(кВт·ч)	удельный эффективный, приведенный к дизельному топливу $g_{e\ дт\ прив}$, г/(кВт·ч)	часовой $G_т$, кг/ч	часовой, приведенный к дизельному топливу $G_{ДТ\ прив}$, кг/ч
Дизельное	55,2	243	–	13,4	–
МТЭ	55,4 (увеличение на 0,4 %)	316 (увеличение на 30,0 %)	213 (снижение на 12,3 %)	17,5 (увеличение на 30,6 %)	11,8 (снижение на 11,9 %)
ЭТЭ	55,0 (снижение на 0,4 %)	297 (увеличение на 22,2 %)	200 (снижение на 17,7 %)	16,3 (увеличение на 21,6 %)	11,0 (снижение на 17,9 %)

Содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля в зависимости от изменения нагрузки представлено на рис. 2. Анализируя графики токсичности и дымности ОГ дизеля при работе на СТЭ видно, что происходит снижение содержания во всем диапазоне исследования нагрузки оксидов азота NO_x, сажи С, диоксида углерода CO_2 и оксида углерода СО при максимальных значениях p_e, при этом отмечен рост суммарных углеводородов CH_x [6].

Результаты исследований показателей токсичности и дымности отработавших газов дизеля представлены в табл. 3.

Выводы

При работе дизеля 4Ч 11,0/12,5 на СТЭ следующего состава (спирт (метанол или этанол) – 25 %, моюще-диспергирующая присадка сукцинимид С5А – 0,5 %, вода – 7 %, дизельное топливо – 67,5 %) установлена возможность сохранения мощностных показателей на уровне серийного дизеля. Так, при частоте вращения n = 2200 мин$^{-1}$: ДП – N_e = = 55,2 кВт; МТЭ – N_e = 55,4 кВт (увеличение на 0,4 %); ЭТЭ –

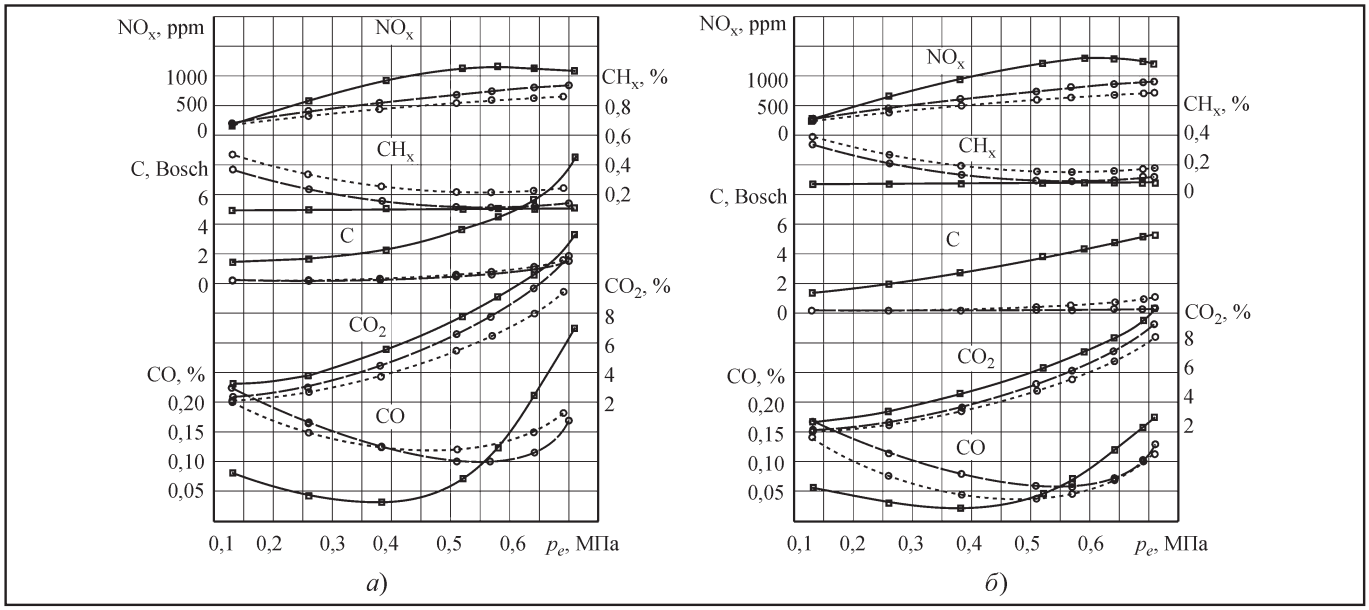


Рис. 2. *Изменение содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от нагрузки:*
а – n = 2200 мин$^{-1}$; *б – n* = 1700 мин$^{-1}$;
□——□ *– ДП;* ○·····○ *– ЭТЭ;* ○------○ *– МТЭ*

Таблица 3

Результаты исследований показателей токсичности и дымности ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при оптимальных значениях $\Theta_{впр}$ и номинальном режиме (*n* = 2200 мин$^{-1}$, p_e = 0,64 МПа)

Топливо	Показатели			
	Оксиды азота NO_x, ppm	Сажа С, ед. по шкале Bosch	CO_2, %	CO, %
Дизельное	1320	6,2	10,5	0,20
МТЭ	775 (снижение на 41,3 %)	0,9 (снижение в 6,9 раза)	9,8 (снижение на 6,7 %)	0,11 (снижение на 45,0 %)
ЭТЭ	657 (снижение на 50,2 %)	1,2 (снижение в 5,2 раза)	8,0 (снижение на 23,8 %)	0,15 (снижение на 25,0 %)

N_e = 55,0 кВт (снижение на 0,4 %).

Дано перспективное решение улучшения экологических показателей дизеля путем применения СТЭ, позволяющее снизить содержание в ОГ при работе на МТЭ – оксидов азота на 41,3 %, сажи в 6,9 раза, диоксида углерода на 6,7 %, оксида углерода на 45,0 %; при работе на ЭТЭ – оксидов азота на 50,2 %, сажи в 5,2 раза, диоксида углерода на 23,8 %, оксида углерода на 25,0 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Aydin F., Ogut H.** Effects of Ethanol-Biodiesel-Diesel Fuel in Single Cylinder Diesel Engine to engine Performance and Emissions // Renewable Energy. 2017. Vol. 103. P. 688–694.

2. **An Overview:** Energy Saving and Pollution Reduction by Using Green Fuel Blends in Diesel Engines / J.K. Mwangi, W.J. Lee, Y.C. Chang [et al.] // Applied Energy. 2015. Vol. 159. P. 214–236.

3. **Experimental** Study on Evaporation Characteristics of Ethanol-Diesel blend Fuel Droplet / K. Han, B. Yang, C. Zhao [et al.] // Experimental Thermal and Fluid Science. 2016. Vol. 70. P. 381–388.

4. **Likhanov V.A., Lopatin O.P.** Use of Natural Gas, Methanol, and Ethanol Fuel Emulsions as Environmentally Friendly Energy Carriers for Mobile Heat Power Plants // Thermal Engineering. 2017. Vol. 64. № 12. P. 935–944.

5. **Likhanov V.A., Lopatin O.P.** The Study of the Process of Combustion of the Alcohol-Fuel Emulsions and Natural Gas in a Diesel Engine // International Journal of Applied Engineering Research. 2018. Vol. 13. № 3. P. 1703–1709.

6. **Likhanov V.A., Lopatin O.P.** Study of Loading Regimes of Diesel Engines Operating on Natural Gas // International Journal of Applied Engineering Research. 2018. Vol. 13. № 5. P. 2936–2939.

Ссылка для цитирования

Лиханов В.А., Лопатин О.П. Исследование нагрузочных режимов работы дизеля на спиртотопливных эмульсиях // Журнал "АГЗК + АТ", 2018. Т. 17. № 9. С. 449–452.

УДК 656.13

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОТ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ТОПЛИВО

П.И. Смирнов, ФГБОУ ВО "Вологодский государственный университет";
А.П. Тимофеев, Ф.А. Новокшанов, "А-Лайн Сервис", г. Вологда

В статье описана методика определения реальных эксплуатационных норм расхода топлива конкретных грузовых транспортных средств, находящихся на балансе определенного предприятия. Путем исследования, обработки и анализа полученной информации была выявлена значимость влияния поступающего потока данных на фактический расход топлива грузовых автотранспортных средств с учетом их технического состояния, технического обслуживания, массы перевозимого груза, скорости и режима движения. Выявлены причины повышенного расхода топлива грузовых автомобилей, совершающих транспортную работу в условиях городского цикла. Разработан алгоритм оценки расхода топлива на основе массивного потока данных, поступающих с эксплуатируемых автомобилей, оборудованных спутниковой системой телематического контроля. Данный алгоритм учитывает особенности работы каждого из автомобилей, работающих на конкретном предприятии.

Ключевые слова: *расход топлива: спутниковые системы телематического контроля; автотранспортные предприятия; транспорт; городской режим движения; транспортная работа грузового транспорта.*

THE USE OF TELEMATIC DATA FROM COMMERCIAL VEHICLES TO REDUCE THE UNIT COST OF FUEL

Smirnov P.I., FGBOU "Vologda State University"; **Timofeev A.P., Novokshanov F.A.,** "A-Line Service", Vologda

The article describes the methodology for determining the real operating standards for fuel consumption of specific cargo vehicles on the balance sheet of a certain enterprise. By studying, processing and analyzing the information received, the significance of the influence of the incoming data stream on the actual fuel consumption of trucks was determined taking into account their technical condition, maintenance, the mass of the cargo being transported, the speed and the driving mode. The reasons for the increased fuel consumption of trucks that perform transport work in the urban cycle are identified.

Keywords: *fuel consumption; satellite telematics control systems; trucking enterprises; transport; city traffic mode; transport operation of freight transport.*

Проблема поиска дополнительных средств экономии топлива в современных экономических реалиях является одной из наиболее часто встречающихся задач для автотранспортных предприятий всех форм собственности.

Поставленная задача на сегодняшний день недостаточно исследована в рамках транспортной работы грузовых транспортных средств, выполняемой в условиях городского цикла. В данной работе производится исследование обозначеной проблемы и составление алгоритма установки собственных норм расхода топлива грузовых автомобилей, находящихся на балансе конкретного предприятия, и работающих в городских условиях, с применением систем телематического контроля транспорта. На основе анализа полученных результатов представляется возможным составление алгоритма, соответствующего магистральному режиму движения.

Современное законодательство требует установки систем телематического контроля на пассажирский и грузовой транспорт, а также на специальный подвижной состав.

В процессе эксплуатации грузового транспорта, оборудованного системой телематического контроля, происходит постоянная передача объемного, переменного во время выполнения транспортной работы массива данных.

Перед авторами настоящего исследования были поставлены следующие задачи.

1. Выявить значимость влияния полученных данных на эксплуатационные свойства автомобилей, а в первую очередь на фактический расход топлива с учетом особенностей технического состояния, условий эксплуатации, технического обслуживания и массы перевозимого груза.

2. Выявить причины повышенного расхода топлива и скорректировать нормы этого показателя в рамках конкретного предприятия.

3. Разработать алгоритм оценки расхода топлива автомобилей на основе данных, полученных в процессе эксплуатации систем телематического контроля, который будет учитывать особенности транспортной работы конкретного предприятия.

4. Реализовать алгоритм оценки расхода топлива на примере анализируемого предприятия.

Для определения расхода топлива даже отдельного автомобиля требуется длительный период сбора данных, которые отображают режим движения автомобиля, текущий расход топлива, климатические условия, рельеф местности, а также массу перевозимого груза для грузовых транспортных средств.

Учитывая вероятность возникновения ошибок системы, существует необходимость фильтрации собранных данных. Кроме того, требуется разделение отфильтрованного потока данных в соответствии с режимами дви-

жения – магистральным и городским, с учетом выбора отображения информации.

В процессе решения поставленных задач была собрана необходимая информация. Специфика собранной информации заключается в большом потоке взаимосвязанных данных, требующих обработки и анализа [2]. Установка реальных эксплуатационных норм расхода топлива вызывает необходимость подготовки суммарной информации на основе больших массивов данных. Сложность заключается в необходимости структурирования данных по многомерному принципу, который включает в себя разброс показателей расхода топлива в зависимости от массы перевозимого груза, скорости движения, пройденного пути и времени движения.

Проведенные исследования позволят специалистам конкретного автотранспортного предприятия любой формы собственности оценить возможные конкретные пути снижения расхода топлива транспортных средств, находящихся на балансе конкретного предприятия.

Исследования были проведены на базе автотранспортных предприятий Вологодской и Архангельской областей. В качестве объекта исследования по заказу автопредприятий были выбраны автомобили КАМАЗ-55111 в городе Вологда (Вологодская область), КАМАЗ-55111 в городе Вельск (Архангельская область) и Fiat Ducato в городе Вологда. На объектах (автомобилях), выбранных для исследования, было установлено оборудование телематического контроля фирмы Omnicomm. Заказчики в лице автотранспортных предприятий предоставляли для анализа информацию, полученную с использованием серверов Omnicomm Online и обработанную за период с сентября 2016 г. по май 2017 г.

В процессе выполнения транспортной работы выбранными в рамках проводимого исследования автомобилями из массива потоковой информации, получаемого с систем телематического контроля, был произведен выбор данных, позволяющих отследить зависимость расхода топлива от средней скорости движения рассматриваемых автомобилей. Эти данные представлены в таблице.

В целях последующей обработки отфильтрованных данных были составлены точечные диаграммы с полиномиальной линией тренда, отображающие общую зависимость расхода топлива от средней скорости движения в городском режиме и помещенные в соответствующую систему координат. Диаграммы, построенные для каждого из рассматриваемых автомобилей, представлены на рис. 1–3.

Мониторинг входящего потока отфильтрованных данных и аналитическая обработка полученных диаграмм позволили сделать следующие выводы.

1. Квадратичная функция полиномиальной линии тренда указывает на то, что зависимость расхода топлива автомобиля от скорости движения не является линейной, она имеет один экстремум. Более того, до достижения экстремума функция убывает. Однако экстремум представленных функций достигается при значениях координат, соответствующих скоростям, превышающим ограничение, установленное в городе. Например, для автомобиля Fiat Ducato наименьший расход топлива достигается при движении со скоростью около 70 км/ч. Это говорит о том, что при скорости движения автомобиля в диапазоне городского цикла значение расхода топлива при любых условиях будет выше минимально возможного.

Зависимость расхода топлива от средней скорости движения (фрагмент данных)

КамАЗ-55111 (Вологда)		КамАЗ-55111 (Вельск)		FIAT DUCATO	
01.12.2016–24.04.2017		09.01.2017–24.04.2017		01.09.2016–24.04.2017	
расход, л/100 км	средняя скорость, км/ч	расход, л/100 км	средняя скорость, км/ч	расход, л/100 км	средняя скорость, км/ч
0,4	1,7	142	10,7	33,1	8
163,1	3,7	108	10,7	57,8	9,1
157,1	4,5	86,9	11,3	30,3	9,4
185,2	14,9	86,5	11,7	4,5	10
138,8	16	2,3	11,9	31,7	10,8
56,6	16	81,1	12,5	15,4	12

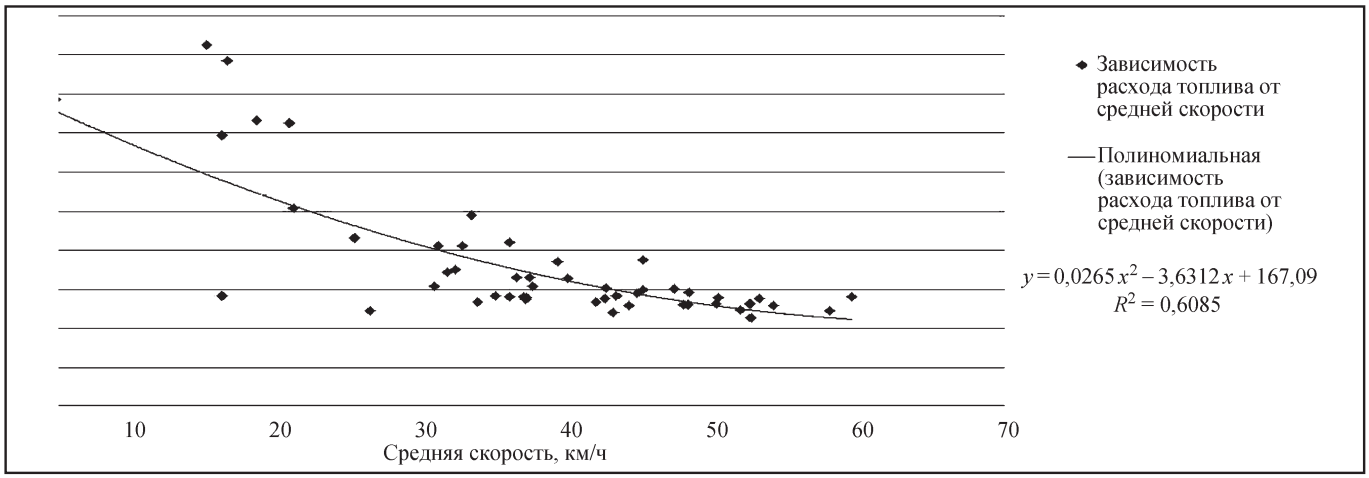


Рис. 1. *Зависимость расхода топлива от средней скорости движения автомобиля КАМАЗ (г. Вологда)*

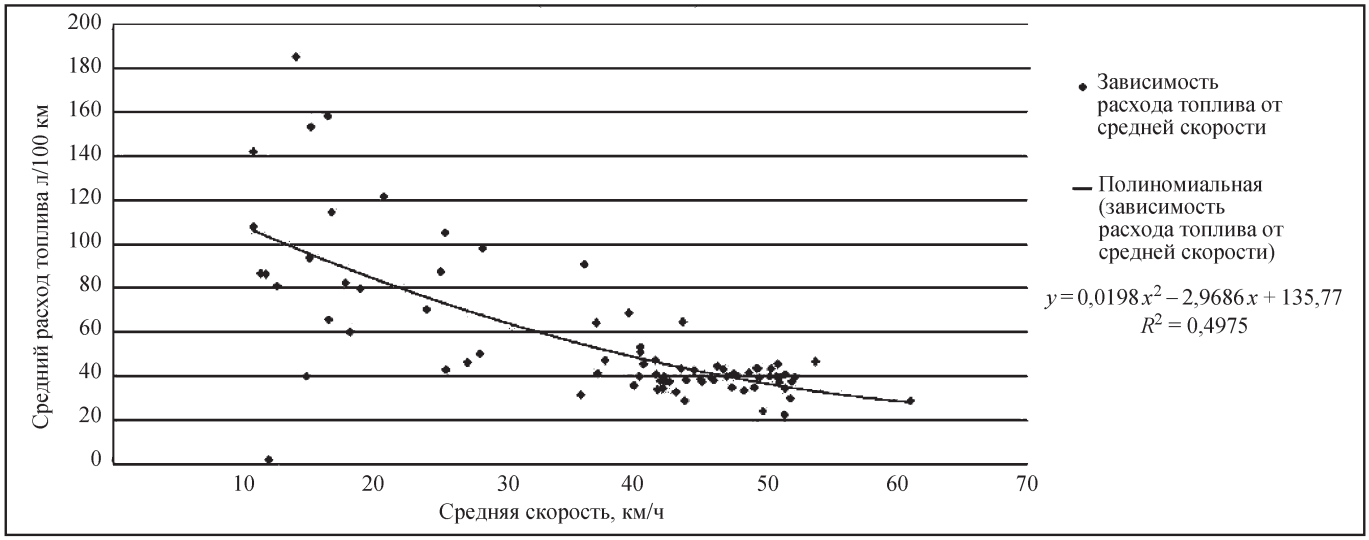


Рис. 2. *Зависимость расхода топлива от средней скорости движения автомобиля КАМАЗ (г. Вельск)*

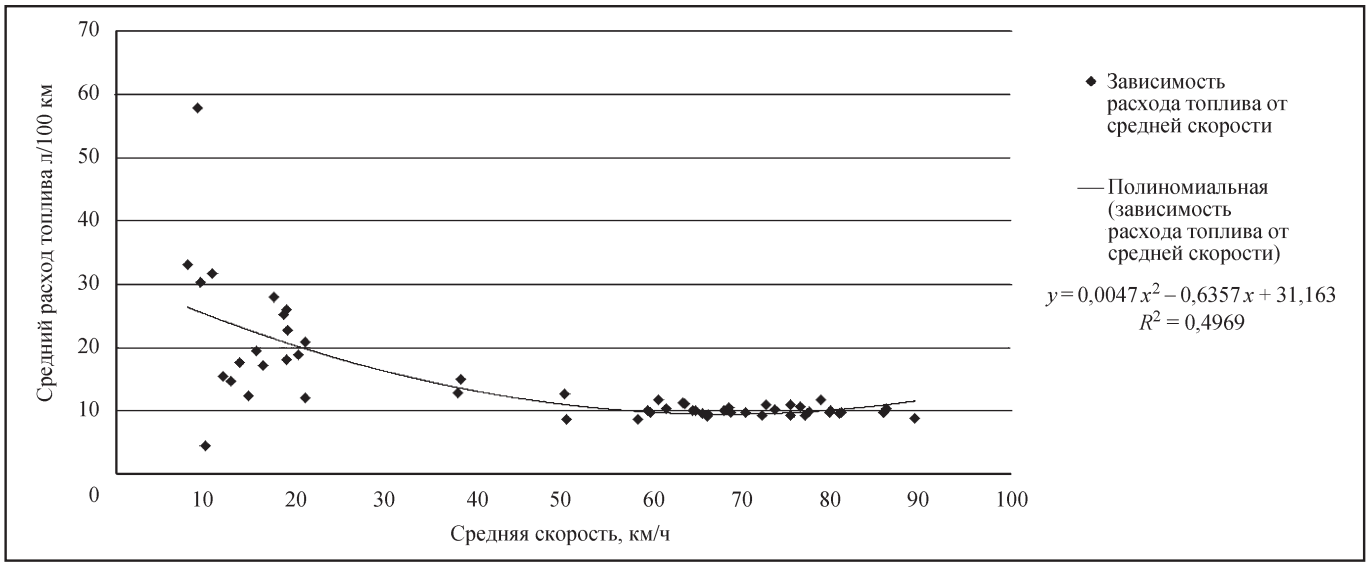


Рис. 3. *Зависимость расхода топлива от средней скорости движения автомобиля Fiat Ducato (г. Вологда)*

На увеличение расхода топлива при низких скоростях в городском режиме движения также оказывает влияние качество и стиль вождения конкретных водителей, а именно частота воздействия на органы управления автомобилем, которая, в свою очередь, приводит к интенсивному изменению оборотов коленчатого вала ДВС и передаточного числа трансмиссии, а следовательно, к более интенсивному изменению скорости движения автомобилей.

После достижения экстремума функция вновь начинает возрастать. Для полного понимания этой особенности было рассмотрено уравнение расхода топлива.

Расход топлива (л/100 км) автомобиля имеет прямую зависимость от сил сопротивления движению:

$$Q_S = \frac{g_e (P_д + P_в + P_и)}{36000 \rho_т \eta_т},$$

где g_e – удельный расход топлива, г/(кВт·ч); $P_д$ – сила сопротивления дороги, Н; $P_в$ – сила сопротивления воздуха, Н; $P_и$ – сила сопротивления разгону, Н; $\rho_т$ – плотность топлива, кг/л; $\eta_т$ – КПД трансмиссии.

Все силы сопротивления движению зависят от скорости движения автомобиля. Причем силы сопротивления дороги и сила сопротивления разгону с ростом скорости линейно уменьшаются, а сила сопротивления воздуха квадратично возрастает. Это объясняет нелинейность полученных функций.

Из рассмотрения приведенного выше уравнения также можно сделать вывод, что на расход топлива влияет КПД трансмиссии и плотность топлива. Следовательно, расход топлива напрямую зависит от технического состояния автомобиля и качества используемого топлива. Повышенное значение расхода топлива может указывать на неудовлетворительное техническое состояние транспортного средства. Таким образом, для инженерно-технической службы предприятия предоставляется возможность корректирования периодичности технического обслуживания транспортных средств, что позволит оптимизировать работу автотранспортного предприятия в целом путем сокращения времени простоя автомобилей в зоне технического обслуживания и ремонта.

2. На представленных диаграммах наблюдается частичное несовпадение массива значений расхода топлива с линией тренда. Об этом также свидетельствует низкое значение R^2. Соотношение транспортной работы рассматриваемых автомобилей в городском режиме по сравнению с магистральным невелико, что вызывает необходимость гораздо более длительного сбора данных для получения более точных показаний.

3. На представленных диаграммах наблюдается зависимость разброса значений расхода топлива от скорости движения. Чем ниже скорость движения, тем существеннее разброс. Такая зависимость обусловливается тем, что в потоке информации, поступающей от телематических комплексов, установленных на борту автомобиля, отсутствуют данные по массе перевозимого груза. Сбор этих данных особенно актуален для грузовых транспортных средств, поскольку масса перевозимого груза может превосходить собственную массу автомобиля. Причем загрузка автомобиля сильнее влияет на расход топлива при малых скоростях, чем при больших. Соответственно, возникает проблема удаленного сбора этих данных для уточнения поступающей информации.

Существует система контроля нагрузки на ось фирмы ALM, которая включает в себя весовой компьютер в кабине водителя и датчики нагрузки на ось. Датчики нагрузки бывают двух типов: датчик перемещения ДП-01 для рессорной подвески и датчик давления ДДЭ-08, предназначенный для пневматической подвески. После интеграции оборудования в программное обеспечение системы спутниковой телематики появится возможность сбора информации о весе перевозимого груза, что позволит решить вышеописанную проблему.

Для понимания зависимости расхода топлива от условий движения автомобиля сравним представленные выше диаграммы между собой. Для сравнения поместим их в единую систему координат. Полученная таким образом картина представлена на рис. 4.

Из сравнения видно, что разброс массива значений расхода топлива у обоих КАМАЗов существеннее, чем у Fiata. То есть можно сделать вывод, что характер разброса зависит также от отношения грузоподъемности автомобиля по сравнению с его снаряженной массой.

Из сравнения КАМАЗов видно, что формы линий трендов схожи, значения коэффициентов их функций близки друг к другу. Тем не менее расход топлива КАМАЗа в Вологде выше, чем в

Рис. 4. *Сравнение расходов топлива автомобиля КамАЗ-55111 в г. Вельск и в г. Вологда*

Вельске. Принимая во внимание несущественное различие климатических условий и допуская, что состояние обоих автомобилей удовлетворительное, можно сделать вывод о том, что на расход топлива влияет размер города, в котором эксплуатируется автомобиль, а значит и характер движения в этом городе.

Помимо всего прочего, в представленных ранее данных наблюдается превышение реального эксплуатационного расхода топлива от нормативного, установленного заводом-изготовителем. Так, для автомобилей КАМАЗ выбранной марки нормативный расход топлива по паспорту составляет 27 л/100 км в летнее время и 29,7 л/100 км в зимнее, а для автомобиля Fiat Ducato – 7,3 л/100 км. После рассмотрения полученных диаграмм был сделан вывод, что минимальный расход у КАМАЗа в Вельске около 30 л/100 км при скорости 52 км/ч, у КАМАЗа в Вологде – более 40 л/100 км при той же скорости, а у Fiat Ducato – около 9 л/100 км при скорости, близкой к 60 км/ч. Такая разница может быть обусловлена несовершенством проведения испытаний.

Для выявления причины вышеописанного превышения, используя собранные данные, построены графики скоростей для всех трех автомобилей и проведено сравнение их со стандартным испытательным циклом NEDS (рис. 5), установленным правилами ЕЭК ООН № 83, 101 и несколькими Директивами Евросоюза.

Графики скорости движения исследуемых автомобилей построены на рис. 6–11. При построении графиков выбирались данные, характеризующие периоды работы автомобилей, соответствующих городским условиям движения – с частыми разгонами и замедлениями, а также остановками на светофорах или в "пробке".

На основе сравнения представленных графиков со стандартным городским циклом можно сделать следующие выводы:

1. Очертания графиков реальных скоростей движения схожи со стандартным городским циклом.

2. В реальных условиях эксплуатации скорость движения

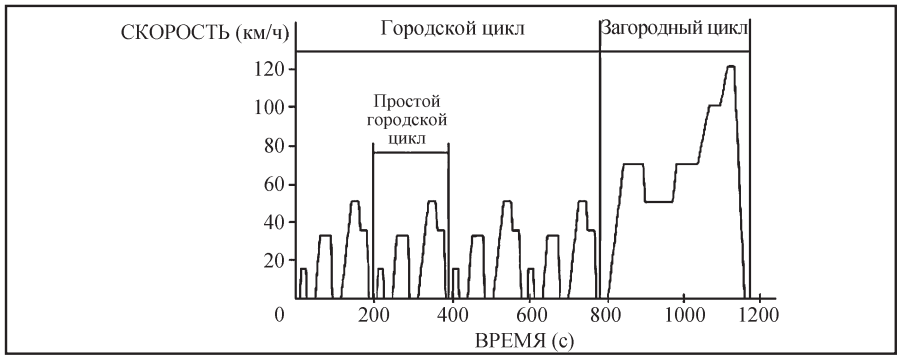


Рис. 5. *Ездовой цикл NEDS*

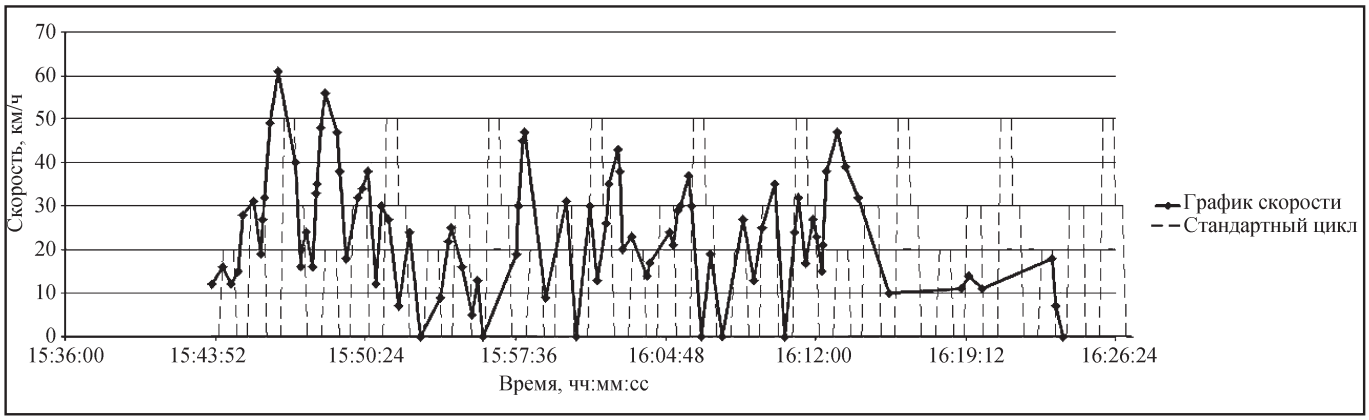


Рис. 6. *График скорости КамАЗ-55111 за 09.02.2017 15:43:02–16:23:51*

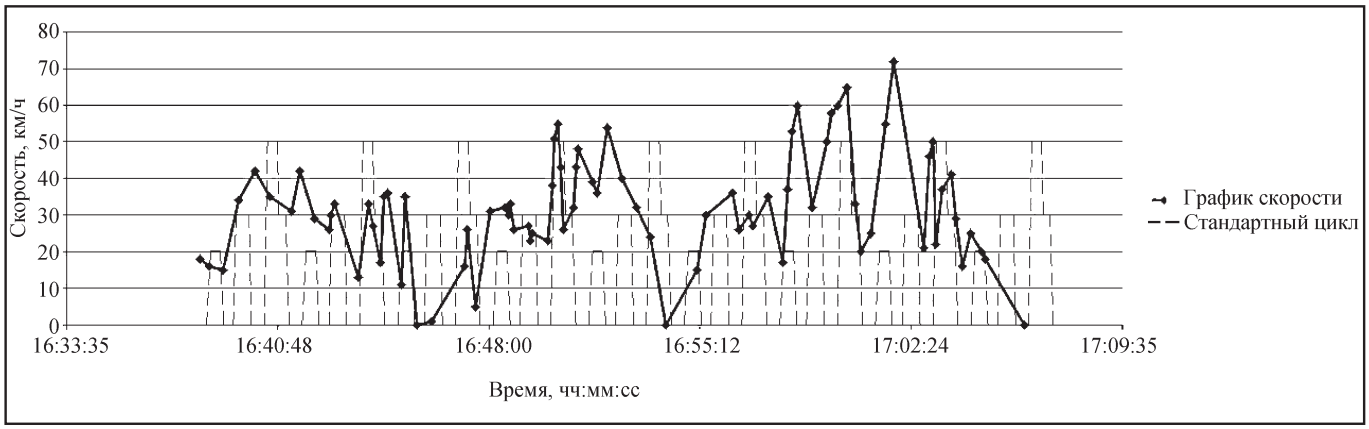


Рис. 7. *График скорости КамАЗ-55111 за 09.02.2017 16:38:08–17:06:16*

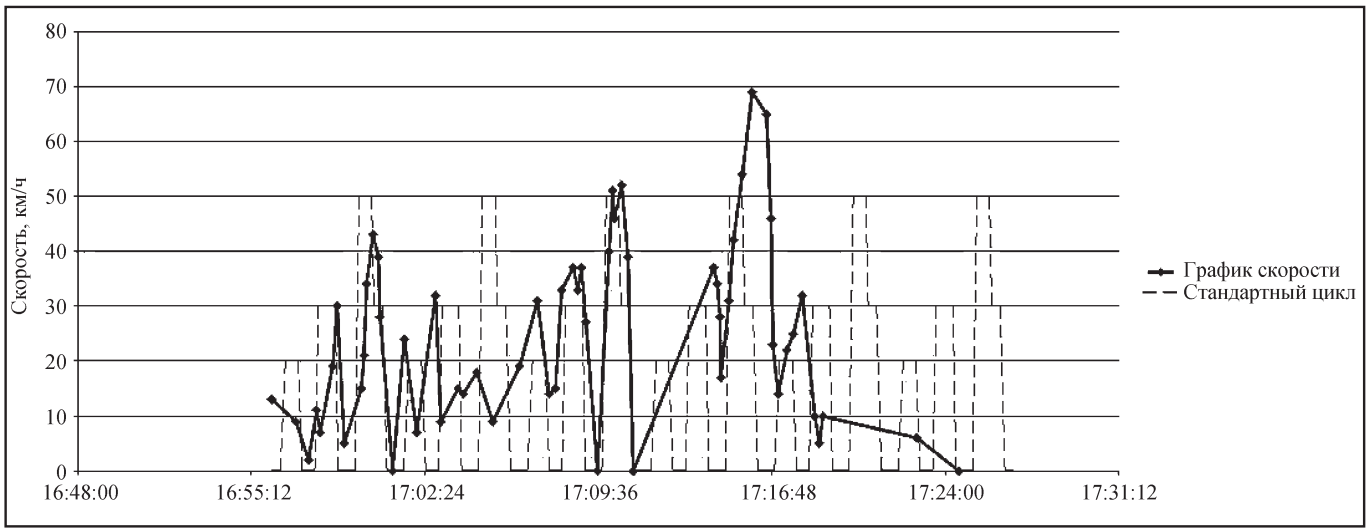


Рис. 8. *График скорости КамАЗ-55111 за 17.02.2017 16:56:03–17:24:33*

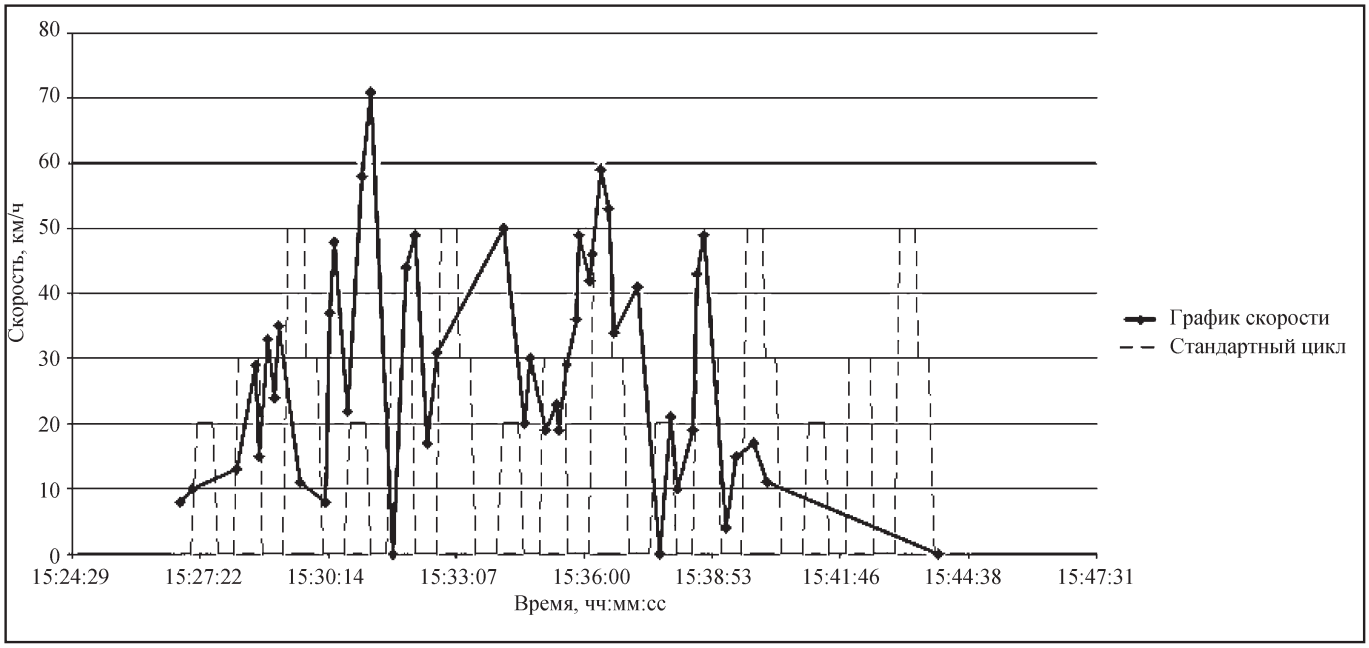


Рис. 9. *График скорости FiatDukato за 14.03.2017 15:26:55–15:43:58*

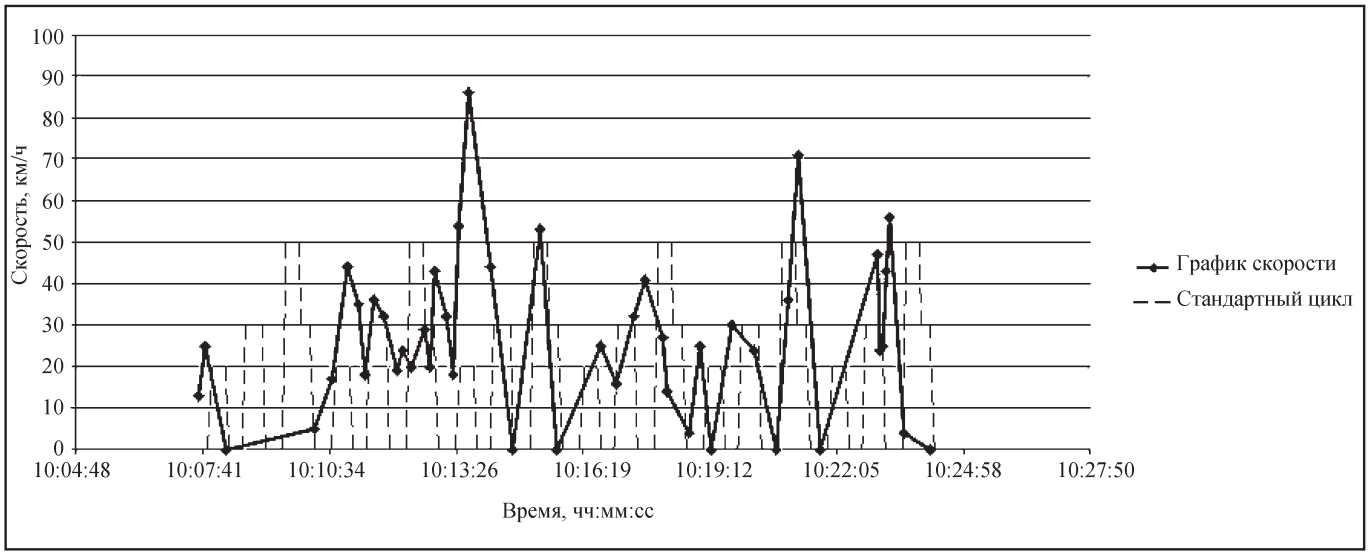


Рис. 10. *График скорости FiatDukato за 16.03.2017 10:07:35–10:24:13*

автомобиля меняется намного динамичнее, чем при испытании автомобиля.

3. При испытаниях скорость движения автомобиля не превышает 50 км/ч, в то время как в реальных условиях скорость движения в городе может достигать 60 км/ч, а в некоторых случаях и больше (нельзя не учитывать стиль езды водителя).

4. Помимо отличий графиков от стандартного цикла, они отличаются и друг от друга. Это говорит о постоянно меняющихся условиях движения автомобиля, что не учитывается при проведении испытаний.

Таким образом, наблюдается постоянное превышение реального расхода топлива от значения, установленного заводом-изготовителем. Одно из возможных решений выявленной пробле-

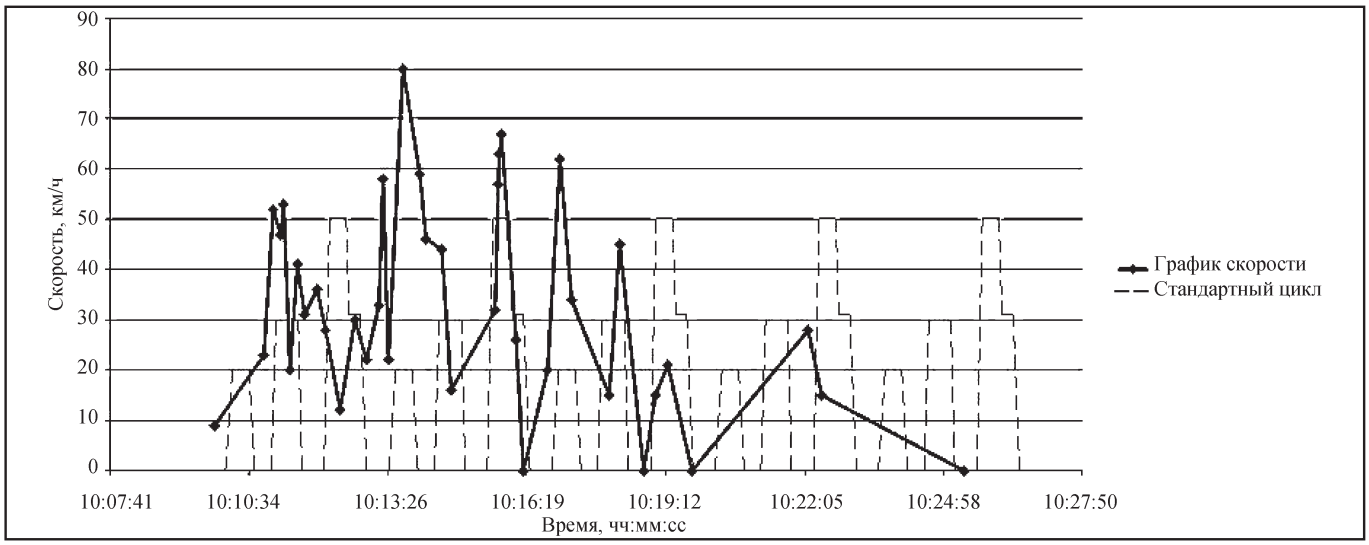


Рис. 11. *График скорости Fiat Dukato за 23.03.2017 10:09:50–10:25:23*

мы – составление нормы расхода топлива для отдельных автомобилей, учитывая условия их эксплуатации. Зная реальную норму расхода топлива автомобиля, можно уже говорить о превышении водителем этой нормы или же об экономичной езде водителя, что позволит управляющему персоналу автотранспортного предприятия принимать необходимые управленческие решения по экономии топлива.

Исследование показало, что выполнение действий по выявлению реальных норм расхода топлива – длительный и трудоемкий процесс. Авторами статьи предложено создать специальное программное обеспечение на основе систем телематического мониторинга транспорта в качестве одного из возможных путей решения данной проблемы. Созданная программа будет выполнять операции по сбору, фильтрации, обработке и анализу информации в автоматизированном режиме.

Блок-схема алгоритма программы представлена на рис. 12.

После того как необходимое оборудование будет установлено на автомобиль, программа потребует ввести государственный регистрационный номер транспортного средства, по которому начинается поиск необходимой информации в системе спутниковой телематики. Из получаемой информации будут отсеиваться возможные ошибочные данные системы, которые могут повлиять на конечный результат. Далее программа разделит данные на соответствующие городскому и магистральному режиму движения автомобиля. Отдельно для городского и магистрального режима будет проводиться обработка и анализ информации, после чего оператор выберет, какую информацию и для какого автомобиля вывести на экран. В конечном итоге пользователь получит данные по нормам расхода топлива для конкретного автомобиля.

Данная программа позволит рассчитать реальные эксплуатационные нормы расходов топлива в рамках конкретного предприятия.

В заключение из проведенного исследования сформулированы следующие выводы:

1. Зависимость расхода топлива от скорости движения носит нелинейный характер, обусловленный техническим состоянием автомобиля, массой перевозимого груза и условиями эксплуатации.

2. Причины повышенного расхода топлива связаны с несоответствием стандартного испытательного цикла с реальным режимом движения автомобиля, а также качеством и стилем езды водителя.

3. Разработан алгоритм оценки расхода топлива автомобилей на основе данных, полученных в процессе эксплуатации систем телематического контроля, учитывающий особенности транспортной работы конкретного предприятия.

4. Разработан алгоритм оценки расхода топлива, включающий в себя следующие пункты:

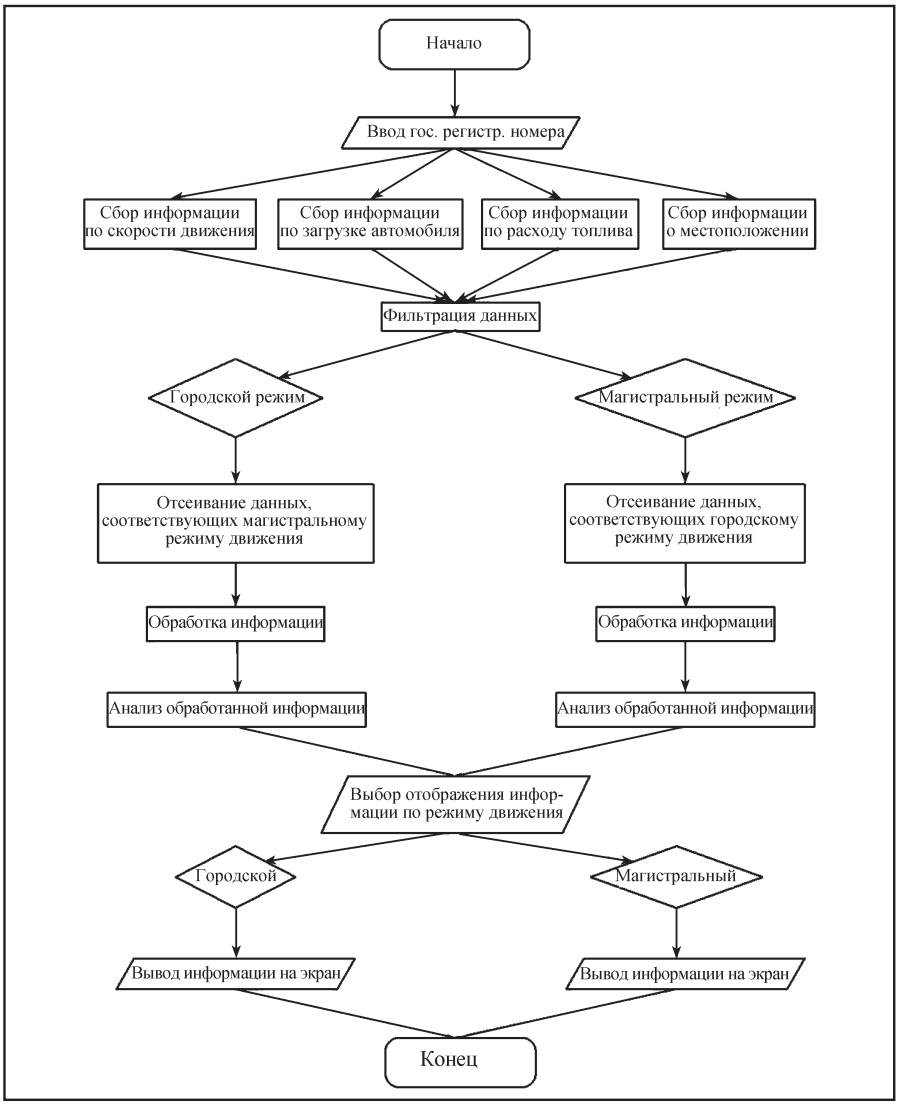


Рис. 12. *Блок-схема алгоритма определения эксплуатационных норм расхода топлива*

1. Установить необходимое оборудование на автомобиль с установленной системой спутникового мониторинга.

2. Собирать необходимые данные в течение определенного периода эксплуатации автомобиля.

3. Произвести выборку собранных данных.

4. Произвести обработку полученной информации.

5. Произвести анализ полученных результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Пикалев О.Н., Смирнов П.И.** Обзор методологических подходов к организации систем мониторинга транспортных средств с применением технологий GPS-трекинга // НАУКА МОЛОДЫХ – БУДУЩЕЕ РОССИИ сборник научных статей международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3 томах. Курск: ЗАО "Университетская книга", 2016. С. 293–295.

2. **Смирнов П.И., Михайлов С.Е.** К вопросу определения средней скорости движения автомобиля на основе обработки телематических данных Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов Международной научно-практической конференции (29–30 ноября 2017 г.), Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева"; редкол.: Д.М. Дубинкин (отв. ред.) [и др.]. Кемерово, 2017. С. 514–516.

Ссылка для цитирования

Смирнов П.И., Тимофеев А.П., Новокшанов Ф.А. Использование телематических данных от коммерческих автомобилей для снижения величины удельных затрат на топливо // Журнал "АГЗК + АТ", 2018. Т. 17. № 10. С. 453–461.

УДК 662.745

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

Ч.Д. Шавыраа, канд. техн. наук, ТТС ФГБОУ ВО "Тувинский государственный университет", г. Кызыл (Республика Тыва)

В республике Тыва хорошо развит автомобильный транспорт, в связи с отсутствием железнодорожного транспорта. Использование углеводородного топлива (бензинов и дизельного топлива) широко распространено в России. В настоящее время из-за отсутствия какого-либо контроля со стороны представителей власти, в том числе лицензионной палаты, предприниматели привозят топливо сомнительного качества и показывают сертификат соответствия несуществующей лаборатории.

Ключевые слова: *топливо; нефть; оборудование; автомобили; лаборатория.*

PROBLEMS AND WAYS OF HYDROCARBON FUEL SOLUTION IN THE REPUBLIC OF TYVA

Shaviraa C.D., Ph.D. of tech. sciences, TTS FGBOU VO "Tuva State University", Kyzyl (Republic of Tyva)

In the Republic of Tuva, road transport is developed, due to the lack of rail transport. The use of hydrocarbon fuels (gasoline's and diesel fuel) is widespread in Russia. Currently, due to lack of any control by the authorities, including the licensing chamber, entrepreneurs bring fuel of doubtful quality and show the certificate of compliance with a non-existent laboratory.

Keywords: *fuel; oil; equipment; cars; laboratory.*

Как известно, в нефти в тысячных долях процента может присутствовать вся таблица Д.И. Менделеева, но основные элементы, плохо влияющие на работу двигателей внутреннего сгорания, мы можем обнаружить с помощью точного лабораторного оборудования. Наиболее опасные вещества, содержащиеся в топливах: тяжелые металлы, сера, летучие парафиновые водороды, соединения углерода и др. [1].

Предприниматели, которые доставляют эксплуатационные материалы в республику, знают; автозаправочных станций много, контроля качества топлива нет, специальные выездные лаборатории, которые следили бы за качеством топлива, отсутствуют.

Еще одним немаловажным фактором является цена на такое топливо. Если одна АЗС откажется от некачественного топлива, то другие с радостью возьмут, так как обычно у такого топлива и цена ниже. Поэтому спрос на такое топливо будет до тех пор, пока мы с вами будем использовать углеводород в качестве топлива.

Топлива, которые поступают к нам из-за пределов республики, не соответствуют стандартам и показателям качества, очень часто нам поставляют топливо вторичной переработки по низкой цене. А это означает, что из нефти уже получили качественное топливо и методом вторичной перегонки получают топливо более низкого качества. А поднять октановое число бензинов или цетановое число дизельных топлив можно и с помощью как разрешенных, так и запрещенных различных присадок.

Например, если в машину залить топливо с более низким октановым числом, в двигателе из-за плохого воспламенения возникают детонационные волны, которые с силой ударяются о стенки цилиндров, вызывая детонацию. Слабая детонация вызывает вибрацию двигателя, а сильная детонация может разрушить двигатель, и наоборот, если залить топливо с более высоким октановым числом, то могут прогореть клапана.

Топлива в чистом виде не используются, к ним обязательно добавляют присадки, такие как: моющие, антикоррозионные, повышающие стабильность, прокачиваемость топлива и т.д. То есть топливо должно отвечать целому ряду показателей качества, в том числе и по содержанию серы и сернистых соединений, ведь нефтяная промышленность России отличается высокосернистой нефтью, поэтому его содержание в бензине строго регламентируется и должно составлять не более 0,07 %.

Повышенное содержание серы в топливах образует большой нагар на свечах зажигания, поршнях и клапанах, от этого двигатель будет терять мощностные свойства, экономичность, долговечность. Наличие серы в бензине на автозаправочных станциях (АЗС) Республики Тыва не проверяется, что приводит к таким последствиям, как выбросы в атмосферу вместе с выхлопными газами вредных веществ, уменьшение срока службы транспортных средств, увеличение трудоемкости работ при техническом обслуживании и текущем ремонте.

От некачественного топлива страдает, в первую очередь, цилиндропоршневая группа, а это как минимум капитальный ремонт двигателя и как максимум замена двигателя.

Владельцы АЗС могут проверить только октановое число бензинов и цетановое число дизельных топлив, на "ученических" октанометрах типа ПЭ-7300 или ПЭ-7300 М (модернизированный), причем в инструкции написано, что их должно быть не

менее 5–6 шт., чтобы можно было определить погрешность.

На большегрузных, а также легковых автомобилях используют дизельные топлива, которые наиболее чувствительны:

– бесперебойной подаче топлива;

– надежному смесеобразованию;

– надежной воспламеняемости;

– минимальному образованию нагара;

– минимальной коррозионной активности.

От некачественного топлива страдают не только автолюбители и владельцы грузовых транспортных средств, но и владельцы моторных лодок, а также различных бензиновых генераторов, бензопил и других оборудований.

Продавцы заявляют, что гарантии на бензиновые генераторы в Туве нет, так как привозимое топливо некачественное. Покупатели приобретают товар на свой страх и риск. Сокращается срок гарантийного обслуживания оборудований, работающих на топливе. В некоторых случаях продавцы обращают на это внимание только после выхода из строя дорогостоящего оборудования. А цена одного генератора с хорошими данными, т.е. с возможностью подсоединения сварочного аппарата рабочего инструмента, освещения и т.д., колеблется в пределах 70–100 тыс. руб. Примерно то же самое происходит и с владельцами моторных лодок, т.е. страдает очень много покупателей от некачественного топлива.

В крупных городах России покупатели предпочитают большие, безопасные легковые автомобили с дизельными двигателями, так как они более экономичны.

Пути решения данной проблемы возможны только при создании "Лаборатории по горюче-смазочным материалам" с современным качественным оборудованием. Данное оборудование должно состоять в "Реестре по контролю качества нефтепродуктов". В настоящее время появились автоматические и полуавтоматические приборы для определения различных показателей качества нефтепродуктов, которые выдают анализ топлива через несколько минут.

Если такая лаборатория будет создана, то она должна осуществлять свою деятельность при прямой поддержке руководства республики Тува, лицензионной палаты и других ведомств, так как необходимо весь бензин и дизельное топливо, поступающее в Республику Тыва, подвергать анализу.

В Республике Тыва находится более ста автозаправочных станций и большая часть из них в г. Кызыле, заправки постоянно строятся, так как количество автотранспорта ежегодно увеличивается и обновляется, и к топливам, предъявляются более жесткие требования. Многие владельцы дорогих импортных автомашин часто спрашивают друг друга, где хороший бензин и они согласны платить дороже за один литр топлива при условии, что это будет хорошее качественное топливо.

Создание данной лаборатории является важной актуальной темой, так как владельцы автомобилей будут чувствовать свою защищённость от некачественного топлива и всегда смогут проверить "заправку", на которой заправляются. В случае поломки двигателя автомобиля из-за некачественного топлива владельцу дается гарантия на получение "заключения о несоответствии топлива техническим условиям". В этом случае он сможет потребовать от владельцев АЗС компенсацию на ремонт двигателя или замену двигателя (автомобиля) через суд при наличии чека АЗС, на которой он заправлялся.

Заправщики будут заинтересованы в получении "заключения о соответствии топлива техническим условиям", так как они будут защищены от обвинения их в продаже некачественного топлива.

Выходом из ситуации может быть переход коммунальной и другой техники на сжиженный природный газ. В Республике Тыва отсутствует газовый трубопровод. Имеется всего несколько заправочных станций, которые обслуживают автомобили с газовыми установками. Поэтому увеличение автомобильных газозаправочных станций позволит улучшить экологическую обстановку в регионе.

В результате проведенного опроса жителей г. Кызыл было установлено, что многие автовладельцы недовольны оказываемыми услугами по заправке своих автомобилей. Также отсутствие фирмы по установке газобаллонного оборудования, их обслуживание, ремонт приводят к выезду в Республику Хакассия.

Таким образом, автовладельцы могут беспрепятственно узнать качество топлива и заливать топливо проверенных предпринимателей. Владельцы автозаправочных станций могут работать только с честными поставщиками и дать гарантию на реализуемую продукцию, количество суррогата резко сократится.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Костенко В.И., Сидоркин В.И., Екшикеев Т.К., Янчеленко В.А.** Эксплуатационные материалы (для автомобильного транспорта).: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2005. 165 с.

Ссылка для цитирования

Шавыраа Ч.Д. Проблемы и пути решения углеводородного топлива в республике Тыва // Журнал "АГЗК + АТ", 2018. Т. 17. № 10. С. 462–463.

УДК 620:92; 629.33

ХОЗЯЙСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА. ПРЕДЛОЖЕНИЕ РЕСУРСОВ

В.В. Грушникова, ВИНИТИ РАН, г. Москва

Успешность реализации глобального проекта электрификации автомобильного транспорта даже при положительном решении конструкторско-технологических и экономических проблем, в первую очередь, зависит от достаточности и доступности материальных и энергетических ресурсов.

Ключевые слова: *колесные транспортные средства; электромобилизация; энергоэффективность; инфраструктура; ресурсы.*

ECONOMIC AND ECONOMIC ANALYSIS OF PERSPECTIVES OF ELECTRIFICATION OF AUTOTRANSPORT. CONSUMER DEMAND

Grushnikova V.V., VINITI of RAS, Moscow

The success of the global project for the electrification of road transport, even with a positive solution to design, technological and economic problems, primarily depends on the sufficiency and availability of material and energy resources.

Keywords: *wheeled vehicles; electromobilization; energy efficiency; infrastructure; resources.*

Приняв в качестве аксиомы перспективность и неизбежность электромобилизации, реальность реализации этого процесса не может быть оценена без углубленного анализа ресурсного обеспечения на фоне постоянного роста объемов энергопотребления в мире, происходящего несмотря на улучшение удельных показателей эффективности энергетических агрегатов и силовых приводов колесных транспортных средств (КТС), в частности. Энергопотребление в транспортном комплексе, согласно базовому сценарию [1], разработанному ведущими мировыми аналитиками, до 2050 г. прогнозируется со средним ежегодным ростом в 15 %.

Для обоснованного анализа проблемы энергообеспечения процесса электрификации автомобильного транспорта, прежде всего, необходимо рассмотреть ее модифицированную структуру и источники генерирования, приведенные на рис. 1.

В такой интерпретации энергосистема становится не только интеллектуальной, но и интегрированной в проблему электрификации автотранспорта. А обеспечить значительно возрастающие с ее интенсивным развитием потребности в зарядке аккумуляторов должна электроэнергетика, являющаяся одной из ключевых отраслей мировой и национальных экономик. Главным критерием оценки ее совершенства является национальная безопасность, выражающаяся в предотвращении техногенных и природных катастроф.

И если уголь и мазут сильно загрязняют окружающую среду, то природный газ поступает, в основном, из России. Вообще-то, с точки зрения ограничения выбросов в атмосферу и водный бассейн вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания КТС, промышленных комплексов и тепловыми агрегатами производства электроэнергии, понять немцев или тех же голландцев, например, с высоким уровнем достатка и качества жизни можно и, наверное, нужно. И, главным образом, потому, что плотность населения в Германии составляет 230 чел./км^2 (36-е место в мире), а в Нидерландах и вовсе – 404 чел./км^2 (15-е место), в то время, как в занимающем в этом списке лидирующее положение Монако, например – 18 679 чел./км^2, Сингапуре (2-е место) – 7389 чел./км^2, КНР (9-е место) – 648 чел./км^2, а в России (181-е место) – 8,56 чел./км^2.

На сегодняшний день электроэнергия – наиболее универсальный вид энергии. Ее ежегодно увеличивающееся производство вследствие роста потребления составляет [2] более 22 500 ТВт·ч. Так, за последние пять лет энергопотребление в Китае выросло на 76 %, Индии – на 31 %, Бразилии – на 18 %. В 2007 г. по сравнению с 2002 г. абсолютное энергопотребление снизилось в Германии – на 5,8 %, в Великобритании – на 2,7 %, Швейцарии – на 2 %, во Франции – на 0,6 %. В то же время в США энергопотребление продолжало повышаться. Сейчас они производят 4308–4324 млрд кВт·ч ежегодно, Китай – 4700–4800 млрд кВт·ч, Япония – 995–1104 млрд кВт ч, Германия – 614–638 млрд кВт·ч, Франция – 564–569 млрд кВт·ч. И по абсолютному потреблению электроэнергии лидеры те же, только здесь на первом месте – США (более 4400 млрд кВт·ч), а Китай на втором (около 4000 млрд кВт·ч), за ними Евросоюз (более 3000 млрд кВт·ч), Россия (более 1000 млрд кВт·ч), Япония (около 1000 млрд кВт·ч), Германия (около 640 млрд кВт·ч),

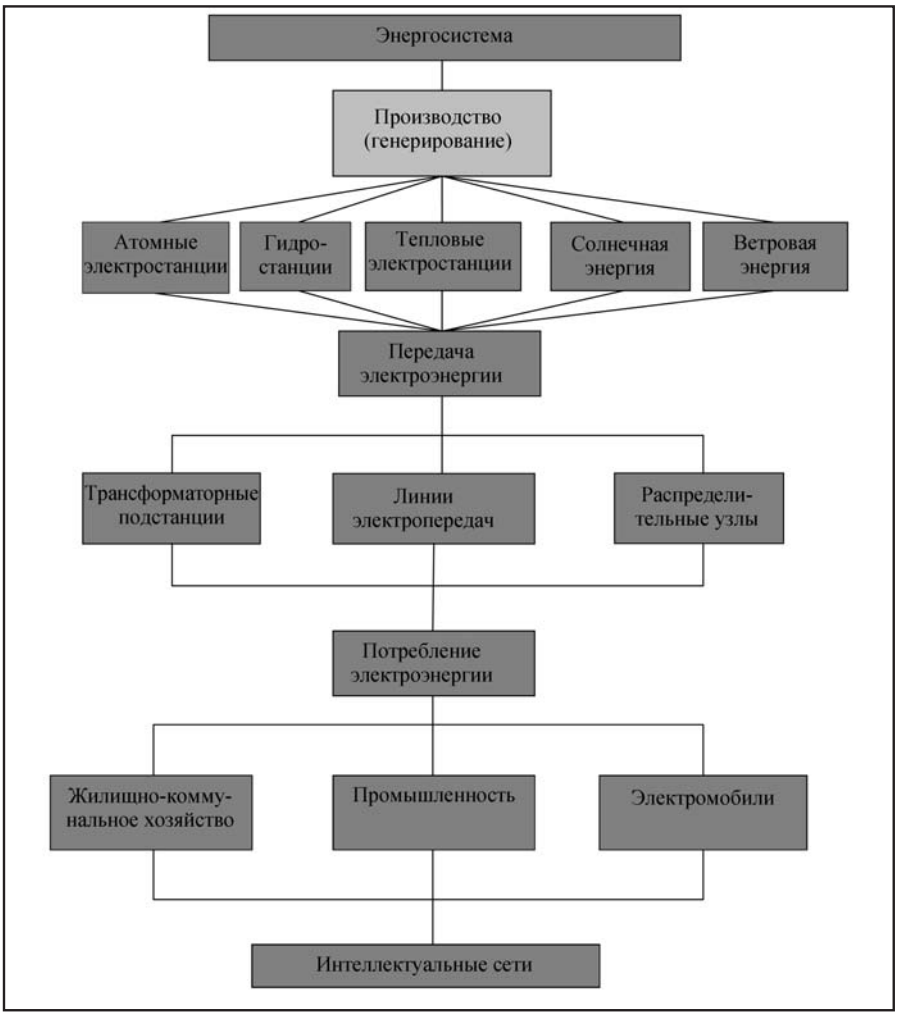


***Рис. 1**. Принципиальная схема архитектуры интеллектуальной энергосистемы с интегрированной электромобилизацией*

Индия (более 600 млрд кВт·ч), Франция (менее 500 млрд кВт·ч) и Бразилия (более 400 млрд кВт·ч). А вот по потреблению электроэнергии на душу населения картина совсем другая. Первое место в этом рейтинге занимает [3] Исландия с 52,376 МВт·ч/чел., второе – Норвегия (лидер по энергоемкости экономик) со значительным отставанием – 23,174 МВт·ч/чел., на третьем с 17,876 МВт·ч/чел. – Кувейт, далее следуют Канада – 14,029 МВт·ч/чел., Катар – 16,099 МВт·ч/чел., Финляндия – 15,742 МВт·ч/чел., Люксембург – 15,511 МВт·ч/чел., Швеция – 14,029 МВт·ч/чел., США – 13,227 МВт·ч/чел., ОАЭ – 10,619 МВт·ч/чел. Япония – на 22-м месте с 7,847 МВт·ч/чел., Франция – на 23-м с 7,318 МВт·ч/чел., Германия – на 24-м с 7,083 МВт·ч/чел., Россия – на 29-м с 6,533 МВт·ч/чел.

Попробуем разобраться, насколько этот дополнительный спрос для зарядки аккумуляторов электрифицированного автомобильного колесного транспорта сейчас готовы удовлетворить производители электроэнергии в этих странах, оценим по данным официальной статистики. В Германия, например, ежегодно генерируется [2] 614–638 ТВт·ч электроэнергии, а потребляется [3] 3,05 млн т нефтяного эквивалента, что соответствует около 3500 ТВт·ч, из которых на производство электроэнергии в 2006 г. использовано около 620 ТВт·ч, а сейчас приходится порядка 640 ТВт·ч, правда, это без учета ветровой энергетики. Так что по сбалансированности производства и потребления электроэнергии Германия является безопасной и независимой. Но это – пока нет большой потребности в электроэнергии для электромобилей, А что же тогда? В 2020 г. для этого возникнет необходимость для зарядки аккумуляторов в 15 МВт·ч, а в 2030 г. – в 75 МВт·ч. Германия эти вызовы переживет. А что будет во Франции, Японии и США?

Франция, экспортировавшая в 2011 г. 56 ТВт·ч электроэнергии, как и Германия, тоже с этими вызовами справится, поскольку, производя ежегодно 564–569 ТВт·ч и потребляя менее 500 ТВт·ч электроэнергии, имеет положительный электроэнергетический баланс. А вот в Японии, особенно в кризис ядерной энергетики, дела обстоят хуже: производя еще в докризисный период 995–1104 ТВт·ч, она потребляла около 1000 ТВт·ч, так что без импорта не обойтись. США с производством 4308–4324 ТВт·ч и потреблением более 4400 ТВт·ч уже в 2011 г. вынуждены были импортировать 37 ТВт·ч электроэнергии.

Но это – всего лишь общие цифры. А во что же выльется электромобилизация для французской, японской и северо-

американской энергосистемы? Во Франции в 2020 г. потребуется 30 МВт·ч, в Японии (при условии, что произведено будет, очевидно, примерно столько же электромобилей, как в Германии и во Франции вместе взятых, во всяком случае – не меньше, чем в Германии, и что Nissan Leaf потребляет примерно столько же, как аналогичные электромобили производства Германии и Франции) – 30–50 МВт·ч, в США (Tesla Model S за дневной пробег потребляет 30 кВт·ч, а их выпущено будет около 5 млн ед.) – 150 МВт·ч дополнительной электроэнергии. В 2030 г. эта картина, по прогнозу, может выглядеть так: Франции потребуется 60–80 МВт·ч дополнительной электроэнергии, Японии – не менее 80 МВт·ч, США – не менее 300 МВт·ч!

Оценивая эффективность энергообеспечения электромобилизации, следует рассмотреть как потенциал разных видов энергии и ее источников, так и потери в процессе ее доставки к потребителю, в том числе использования в электромобилях (рис. 2).

Беспроблемная эксплуатация КТС с электрифицированным приводом возможна только при гарантированном беспрепятственном доступе к источникам электроэнергии для зарядки аккумуляторов. Наиболее перспективными среди них являются возобновляемые ветровая и солнечная электрическая, и водород в топливных элементах. Сравнение их эффективности свидетельствует [4] о том, что электроэнергия, несмотря на меньшие потери при транспортировке и зарядке, по энергоэффективности сопоставима с использованием в электромобилях водородных топливных элементов. Это объясняется проблематичностью подачи электроэнергии от возобновляемых источников энергии в общую энергетическую сеть, из-за чего только в Германии в 2010 г. не было использовано 127 ГВт·ч, а в 2011 г. – уже 421 ГВт·ч этой энергии, эквивалентной пробегу электромобилей в 720 млн км! А электролиз водорода уже является освоенным процессом. Успешно решаются и вопросы его аккумулирования и хранения. Хотя по результатам доставки электроэнергии к агрегатам электрифицированного привода электричество пока лидирует.

Электроэнергия – это не единственный ресурс, обеспечивающий успешность реализации программы электрификации автомобильного транспорта. Исходя из результатов специальных исследований международной консалтинговой компании McKinsey [5] к 2020 г. каждое третье продаваемое в мире КТС будет иметь электрическую машину в качестве привода, в 2030 г. – уже два из трех. По прогнозу, их общее число к тому времени возрастет до 114 млн ед., а к 2040 г. это будет иметь серьез-

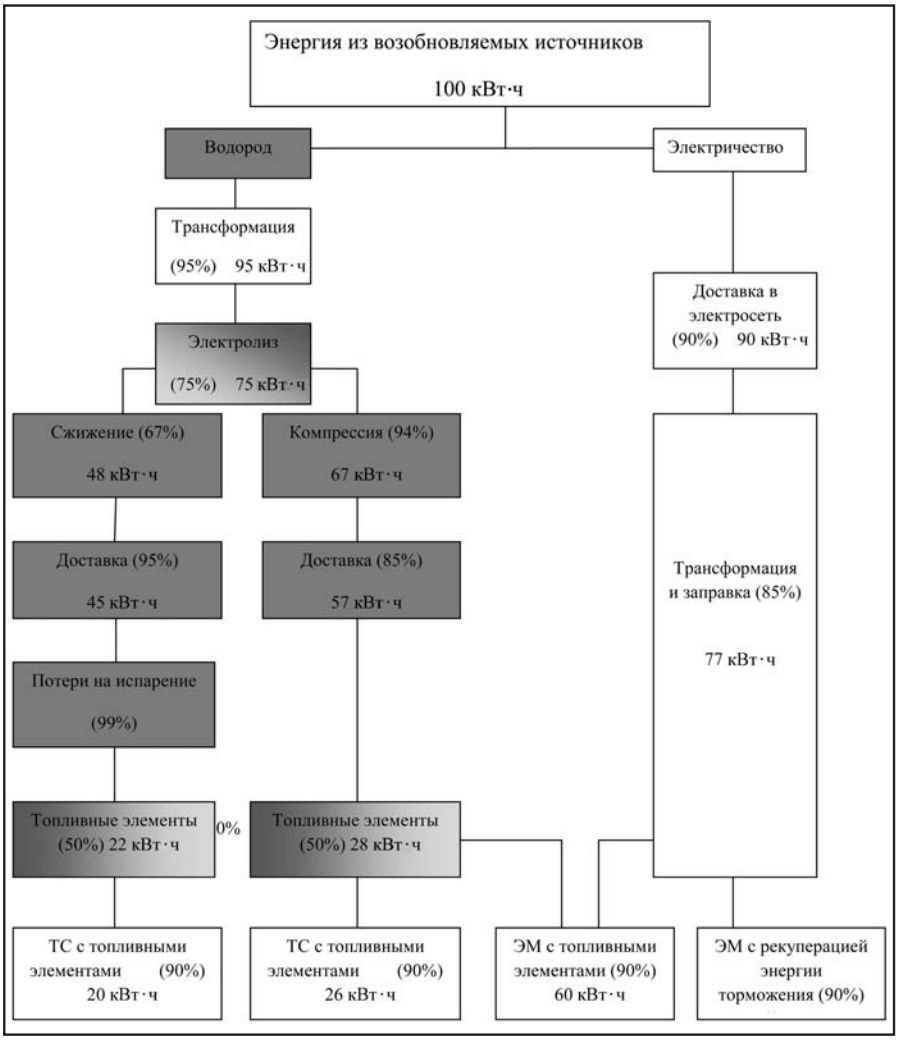


Рис. 2. *Эффективность использования электроэнергии в электромобилях*

ные последствия и для рынка труда, и для применяемых в промышленности металлов: так, потребность в меди возрастет до 2030 г. в 13 раз, в неодиме – в 120 раз, в литии – в 200 раз [6]. Стоимость лучшего тепло- и электропроводника – меди составляет около 8 $/кг, лучшего магнитного редкоземельного металла – неодима – около 70–110 $/кг, при чистоте от 99 % до 99–99,9 % соответственно, металла с высокими температурами плавления и кипения и самой низкой плотностью среди металлов – лития – около 70 $/кг при чистоте 99 %. А их еще надо добыть в рудниках и карьерах Чили, Китая и Боливии.

Одним из важнейших элементов оптимизации, в том числе электрифицированного и чисто электрического привода, является использование водородной топливной энергетики. Наблюдающееся в последние годы стремительное развитие технологии электрохимической реакции трансформации окисления водорода в топливных элементах в электроэнергию и ее эффективное применение в приводе трамваев и легких железнодорожных рельсовых транспортных средств основано [7] на успешной опытно-экспериментальной и подконтрольной эксплуатации. Это в полной мере касается и автомобильных КТС.

В 2011 г. испанским транспортным оператором Fenit Rail впервые успешно испытан оснащенный водородными топливными элементами построенный в Бельгии для Национальной железнодорожной транспортной компании Франции SNCV минитрамвай серии 3400 вместимостью 24–40 пассажиров, развивающий максимальную скорость 25 км/ч. Его инновационная тяговая система состоит из двух протонов–обменных мембранных модулей топливных элементов HyPM HD12, изготовленных канадским производителем Hydrogenics. Мощность каждого топливно-элементного модуля составляет 12 кВт, а аккумуляторная батарея состоит из 156 литий-ионных ячеек общей мощностью 120 кВт и энергоемкостью 90 Ач каждый, кроме того, трамвай оснащен тремя суперконденсаторами Maxwell емкостью 63 Ф при напряжении 125 В. В 12 резервуарах трамвая полной массой 26 т содержится 600 л сжиженного водорода. Энергия, генерируемая топливными элементами, аккумуляторами и суперконденсаторами, поступает на три преобразователя (каждый из их выходных источников энергии) и подается на шину постоянного тока с постоянным током 670–700 В. Это напряжение постоянного тока идет от шины к инвертору, который преобразует его в трехфазную мощность переменного тока для привода четырех асинхронных тяговых двигателей мощностью 30 кВт каждый. Встроенный выпрямитель позволяет перезаряжать накопитель энергии во время остановок от внешнего источника переменного тока.

Следующими успешными реализациями водородных топливных элементов в приводе трамвая стали их рядовые эксплуатации в Ораньестаде – столице и крупнейшем городе голландского о. Аруба в Карибском море и в Дубае. Их топливные элементы генерируют 252 кВт·ч (53,6 %) энергии, 160 кВт·ч (34 %) энергии хранится и возвращается в рабочее время, а энергия, возвращаемая рекуперативным торможением, составляет 58кВт·ч (12,4 %).

Шансы электрифицированного автомобильного привода все более повышаются [8] с реальной конкурентоспособностью КТС с комбинированными энергетическими установками с перспективой чисто электрической тяги – электромобилей. Разработчиком инновационных процессов и реализующих их агрегатов VOIT Automobile из немецкого Санкт- Ингберта этот процесс связывается с появлением в самом ближайшем будущем прорывных технологий, повысящих автономный запас хода электрифицированных КТС и расширящих возможности доступной зарядки аккумуляторов.

Они заряжаются с использованием устройств разного напряжения, мощности и принципа действия, приспособленных к конкретным конструктивно-технологическим особенностям электромобилей и КТС с гибридным приводом. Но пока их явно недостаточно даже в промышленно и автомобильноразвитой Германии. Текущей национальной программой развития электрозарядной инфраструктуры в ней предусматривается создание около 70 тыс. общественных электрозарядных станций и 7100 колонок быстрой зарядки. Насколько неравномерно они будут распределены по федеральным землям страны, можно судить по принятому Бундесратом инвестиционному плану.

В России проблема электрификации автомобильного транспорта в силу огромных территорий, невысокой средней плотности населения и колоссальных запасов энергоэффективного природного газа пока не явля-

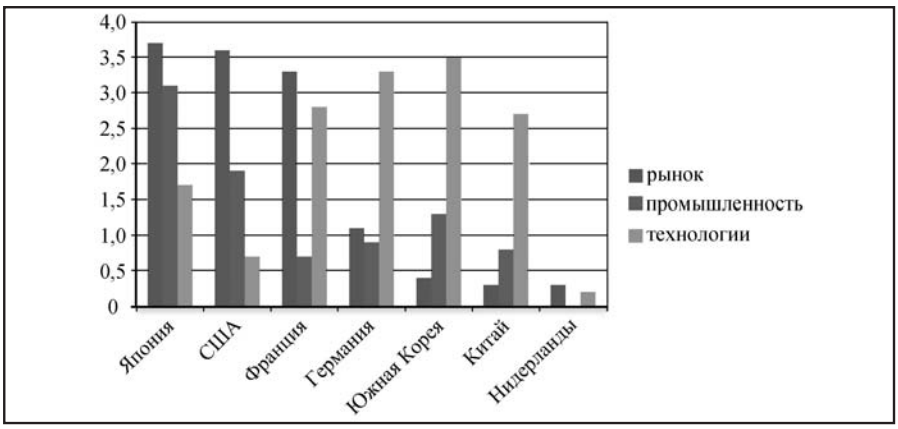


Рис. 3. *Инвестиции в электромобилизацию по странам мира*

ется первоочередной, требующей немедленного решения. Оно будет менее затратным при своей актуальности в результате лучшей принципиальной проработанности ключевых технических и технологических аспектов, что и наблюдается в такой развитой экономике, например, как японская. А по интенсивности предпринимаемых в разных странах мира усилий по превращению электромобиля в массовое и доступное КТС можно судить по уровню инвестиций в разные аспекты электрификации автомобильного транспорта (рис. 3).

Поддержка государственным финансированием процесса электромобилизации во многих странах осуществляется по-разному. В Японии и США более половины общих инвестиций идет на развитие рыночного сектора, до трети – в промышленность и от 10 до 20 – технологии. В Германии более 60 %, Южной Корее 70 % и Китае более 80 % средств направляется на разработку новых технологий. Франция в этом списке занимает промежуточное положение с примерным паритетом рынка и технологий. Схожесть ее национальной программы электромобилизации с немецкой состоит в примерно равной сумме финансирования промышленности с 10%-й и 16%-й долями соответственно, а отличие – в поддержке атомной энергетикой во Франции и ветровой и водородной – в Германии, испугавшейся ядерных реакторов, и в масштабах: к 2020 г. во Франции на дорогах ожидается появление 2 млн КТС с электрифицированным приводом, в Германии [9] – 1 млн ед. К середине 2012 г. в Германии их было чуть больше 7 тыс., сейчас – более 32 тыс. ед.

На старте в 2009 г. французская программа "Пакт автомобиля" с задачей нулевых выбросов CO_2 была дотирована из бюджета Франции – 250 млн евро. Она касалась разработки и производства КТС с электрифицированным приводом. В 2010 г. была выделена половина этой суммы. Другие средства в размере 400 млн евро были инвестированы в исследовательские разработки прототипов и предсерийных образцов, а 50 млн евро – в развитие электрозарядной инфраструктуры. В первом раунде реализации французской программы электромобилизации осуществлялись 11 проектов на сумму 57 млн евро, профинансированных из демонстрационного фонда Ademe. Кроме того, правительство Франции стимулирует приобретение электрифицированных транспортных средств с выбросами CO_2 менее 60 г/км бонусом в 5 тыс. евро. Общая сумма на эти цели с 2009 по 2011 г. составила 1,2 млрд евро.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Доклад** МЭА "Перспективы энергетических технологий. Сценарии и стратегии развития до 2050 года" – по поручению глав государств G8.

2. **U.S.** Energy Information Administration. International Energy Statistics. Electricity. U.S. Department of Energy. Wash. D.C.

3. **iea.org.**

4. **Ogrzewalla J., Walters M., Kuhlmann A.** Brennstoffzellen als Range Extender für Elektrofahzeuge// ATZ: Automobiltechn. Z. 2013, № 11. С. 16–21.

5. **Flache** Zentrallüftungsgeräte// tab – Fachmedium TGA-Branche. 2014, № 5. С. 15–19.

6. **Götz K.** Attraktivität und Akzeptanz von Elektroautos// Institut für sozial-ökologische Forschung. 10/2011. С. 8–15.

7. **Luvishis A.** Fuel Cell Tram Evolution// Transways and Urban Transit. 2017. Т. 80, № 959. С. 422–423.

8. **Beinkämpen S., Pajak C.** Chancen in elektrifizierten Antrieb. Neue Positionierungs-Chancen für die Zulieferindustrie in der Wertschöpfungskette der Automobilindustrie// ATZ extra. 2017, Aug., прил. IAA 2017. С. 16–18.

9. **Engstle A., Deiml M., Schlecker M., Angermaier A.** Coup-é 800: Antriebstrang und Bordnetzentwicklung eines heckgetriebenen 800-V-Elektrofahrzeugs // ATZ. 2016, № 7–8. С. 7–9.

Ссылка для цитирования

Грушникова В.В. Хозяйственно-экономический анализ перспектив электрификации автотранспорта. Предложение ресурсов // Журнал "АГЗК + АТ", 2018. Т. 17. № 11. С. 464–468.

УДК 620:92; 629.33

НАСУЩНЫЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

В.А. Грушников, канд. техн. наук, ВИНИТИ РАН, г. Москва

Экологическая безопасность современных колесных транспортных средств рассматриваются на примере реализации оптимальных конструктивно-технологических мероприятий, проводимых лидерами мирового автомобилестроения и их партнерами.

Ключевые слова: *колесные транспортные средства; охрана окружающей среды; экологическая безопасность; гибридный привод, электромобили.*

HIGHER IMPROVEMENTS OF AUTOMOBILE ENGINEERING

Grushnikov V.A., Ph.D. of tech. sciences, VINITI RAN, Moscow

Ecological safety of modern wheeled vehicles is considered on the example of the implementation of optimal design and technological measures conducted by the leaders of the world automotive industry and their partners.

Keywords: *wheeled vehicles; environmental protection; environmental safety; hybrid drive; electric vehicles.*

Для выполнения постоянно ужесточающихся экологических требований автомобилестроители используют и активно внедряют инновационные конструктивно-технологические мероприятия по переводу приводов колесных транспортных средств (КТС) с "грязных" двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на чистые электроприводы. Они особенно востребованы в городских условиях высокой плотности населения.

Промежуточным вариантом в этом процессе является так называемый гибридный привод КТС с комбинированной энергетической установкой в составе параллельно (или последовательно) соединенных электродвигателя и ДВС. Этот тепловой силовой агрегат уже значительно меньше, но все-таки загрязняет с выбрасываемыми с отработавшими газами (ОГ) вредными выбросами атмосферный воздух. Но он постоянно совершенствуется как в плане энергоэффективности термодинамического цикла, так и экологической чистоты по количеству и токсичности выбросов.

Особенно критичными по токсичности ОГ традиционно считались ДВС с самовоспламенением от сжатия – дизели с выбросами особенно вредных оксидов азота – NO_x. Поэтому насколько эффективно проходит процесс улучшения экологических свойств этого типа ДВС, решило [1] проверить специальное автомобильное издание Германии, заказав сравнительные испытания современных моделей легковых автомобилей с четырехцилиндровыми рядными дизелями и экологической нормой выбросов с ОГ вредных веществ Евро-6 независимой уполномоченной службе.

BMW 320d

Среди подконтрольных конкурентов оказались BMW 320d, Ford Focus Turnier 2.0 TDCI, Mercedes-Benz V 250d, Opel Zafira 1.6 CDTI, Skoda Kodiaq 2.0 TDI и Suzuki Vitara 1.6 DDIS Allgrip. При норме выбросов в 80 мг/км NO_x, предписанной, в частности, Правилами ЕЭК ООН № 83, их фактические значения при движении по автомагистрали на скорости 130 км/ч/по городу/по пригородному шоссе на скорости 80 км/ч и в экологическом стиле вождения для них составили: 45/15/20 и 28 мг/км, 474/591/183 и 353 мг/км, 95/109/86 и 71 мг/км, 71/102/63 и 71 мг/км, 412/217/171 и 264 мг/км, 395/415/358 и 379 мг/км и 877/376/550 и 646 мг/км соответственно.

Проведенные испытания позволили определить коэффициент отклонения реальных выбросов NO_x от законодательно установленной международной нормы, которые, соответственно, составили 0,55, 4,14, 1,15, 0,89, 3,30, 4,74 и 8,08. И это – несмотря на то, что самый худший по экологическому показателю легковой автомобиль Suzuki Vitara 1.6 DDIS Allgrip оснащен дизелем рабочим объемом 1598 см^3 и мощностью 88 кВт, а самый лучший BMW 320d – 1995 см^3 и 140 кВт. Причина проигрыша первого и победы второго в этом престижном соревновании кроется в консервативности Suzuki и прогрессивности BMW в отношении к разработке и внедрении инновационных технологий. Ошеломляющий экологический успех BMW 320d вызван оптимальным сочетанием эффективного сажевого фильтра твердых

частиц с очень эффективным селективным каталитическим нейтрализатором.

Для повышения достоверности результатов эксплуатационных и все более приближающихся по условиям реализации стендовых испытаний необходимо использование совершенной измерительной техники. Лидером в ее экологическом сегменте является японская компания Horiba. Её испытательное оборудование позволяет максимально снизить разницу между выявленными на стенде и в реальной эксплуатации показателей выбросов вредных веществ независимо от особенностей манеры вождения и набора дорог в имитационном ездовом цикле.

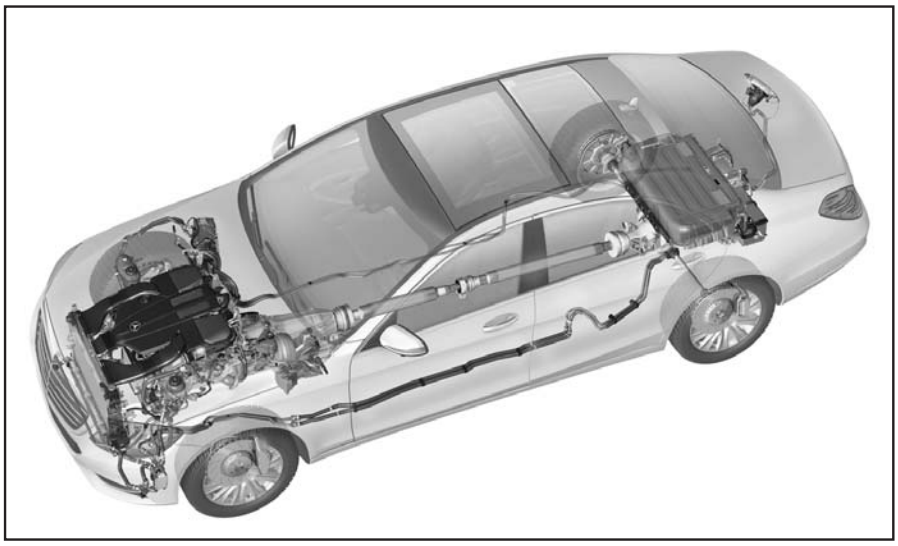
Но поскольку совершенствование процедуры испытаний может лишь повысить достоверность оценки потребления топлива и выбросов вредных веществ с ОГ, но никак не снизить значение этих параметров, в центре внимания конструкторов и технологов продолжают оставаться технические аспекты рассматриваемой оптимизации. И одним из главных среди них является совершенствование термодинамического цикла процесса сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах ДВС с максимальной полнотой, а значит – и энергоэффективностью, и чистотой по выбросам.

Один из способов такой оптимизации заключается в реализации термодинамического цикла работы ДВС на обедненных топливовоздушных смесях за счет наддува его цилиндров. Ярким примером достижения этой цели может служить [2] успешное использование инновационного турбогенераторного модуля ДВС грузового КТС. Он не только полезно утилизирует кинетическую энергию ОГ современного ДВС для наддува его цилиндров, но и тепловую. Она гораздо полнее вовлекается в термодинамический процесс при реализации органического цикла Ранкина. Этот инновационный экспериментальный турбогенератор Института им. Лейбница (г. Ганновер, Германия) представляет собой встроенный в турбину турбокомпрессора ротор из легкого и коррозионно-стойкого титанового сплава, образующий вместе с ней детандер – машину расширения длиной 285 мм и массой менее 20 кг в виде комбинированной осевой импульсной турбины.

Исследовательские стендовые испытания и виртуальные компьютерные эксперименты с эмпирическим имитационным математическим модельным описанием ее функционирования в среде программного пакета газодинамики Ansys CFX позволили отследить рабочие режимы этого агрегата. Установлено, что минимальное давление на входе в инновационную турбину системы выпуска ДВС составило 2 МПа и с дискретностью 500 кПа повышается до 4 МПа на ее последующих ступенях. А обороты ротора с рабочим колесом с дискретностью или шагом увеличиваются с 45 000 до 80 000 мин$^{-1}$. Такая турбина мощностью 5,2 кВт обладает КПД 51,8 % и создает поток воздуха на компрессорном колесе производительностью 0,03 кг/с. При мощности 7,6 кВт и давлением ОГ на впуске 3 МПа с КПД 57 % – уже 0,05 кг/с.

Внимание к снижению потерь в ДВС, в том числе на трение, привлекает внимание исследователей и систем впрыска топлива. Большим потенциалом обладает эта оптимизация, например, в контактных сопряжениях кулачков ротора привода с толкателями плунжеров масляных и топливных насосов высокого давления. Наглядной демонстрацией правоты этого факта и эффективности конкретных реализаций являются [3] результаты разработок фирмы APL по оптимизации геометрии подшипников и их опор. Результаты экспериментов по регистрации потерь на трение в зависимости от диаметра и ширины подшипниковых опор при разных оборотах коленчатого вала ДВС зарегистрированы при вязкости масла класса 5W-30 и бензине марки ROZ95. Установлено, что эти потери при оборотах 2000 мин$^{-1}$ в масляном насосе составляют до 50 Вт, в топливном – до 200 Вт, при 5000 мин$^{-1}$ – до 170 Вт и 200 Вт соответственно.

Повышение энергоэффективности привода КТС наиболее продуктивно при одновременном внимании к тепловым и электрическим агрегатам комбинированных энергетических установок, использующихся в гибридных КТС. Примером такого успешного совершенствования силовых агрегатов является [4] инновационный гибридный привод легкового автомобиля среднего класса. Так, совершенствование гибридного привода легкового автомобиля среднего класса Mercedes-Benz немецкого концерна Daimler существенно продвинулось по мощностным и энергетическим характеристикам. В первом и начальной стадии реализации второго поколений Mercedes-Benz S300 с бензиновым ДВС и S400 с дизелем комбинированная энергетическая



Mercedes-Benz S500 Hybrid

установка сначала комплектовалась электроустановкой мощностью всего 20 кВт. Его небольшой автономный пробег на чистой электротяге в значительной степени зависел только от результативности системы рекуперативного торможения. В окончательной реализации второго поколения Mercedes-Benz S600 2014-го модельного года с усовершенствованной энергоустановкой в составе шестицилиндрового бензинового ДВС мощностью 245 кВт и электродвигателя/генератора мощностью 80 кВт и максимальным крутящим моментом 340 Нм с аккумуляторной батареей энергоемкостью 8,7 кВт·ч обладал автономностью хода на электротяге 33 км. Третье поколение 2017 г. Mercedes-Benz S500 Hybrid с девятиступенчатой автоматической коробкой передач, шестицилиндровым ДВС типа M276 мощностью 270 кВт и максимальным крутящим моментом 440 Нм и аккумуляторной батареей энергоемкостью 13,5 кВт·ч на чистой электротяге способно автономно двигаться уже 50 км.

Энергоэффективность эксплуатации КТС с ДВС, гибридным и чисто электрическим приводом определяется как совершенством отдельных его силовых компонентов, так и реализацией возможностей привода агрегатами трансмиссии. Это справедливо для любой концепции привода. Подтверждением тому служат [5] результаты многочисленных виртуальных и лабораторных экспериментов по оптимизации электропривода концерном AVL. Им разработан и испытан ведущий мост грузового развозного автофургона с встроенным в осевой дифференциал силовым агрегатом в составе электродвигателя и двухступенчатой коробкой передач. Его концепция на примере 16-тонного развозного автофургона впервые была представлена разработчиком на широкое обсуждение на 38-м Венском международном моторном симпозиуме в 2017 г.

Она продемонстрировала неподдельный интерес автопроизводителей, компаний, достраивающих под конкретный заказ и эксплуатирующих легкие, тяжелые грузовые автомобили и автобусы с электроприводами. AVL предлагает широкие возможности адаптации электроприводного ведущего моста КТС к конкретным условиям эксплуатации. Инновационный привод мощностью 148 кВт позволяет грузовому электрофургону разгоняться до максимальной скорости 88 км/ч с интенсивностью 0,3 м/с^2 и экономично перемещаться по городу на скорости до 80 км/ч.

Важную роль в совершенствовании термодинамических циклов играет оптимизация всех энергетических агрегатов КТС. В особенности это справедливо [6] для электромобилей с очень жесткими температурными требованиями, сильно ограничивающими реализацию технико-эксплуатационных характеристик аккумуляторных батарей, резисторов, конденсаторов, инверторов, генераторов и электродвигателей.

Если электродвигатель надежно функционирует при нагреве до 120 °С (на постоянных магнитах) и даже до 140 °С (с электромагнитными катушками обмоток), то силовая электроника выдерживает нагрев всего до 60 °С, а литий-ионные аккумуляторы – всего до 40 °С. Это требует дифференцированного подхода к организации их охлаждения и поддержания оптимального термодинамического менеджмента, что вызывает необходимость в наличии до пяти контуров циркуляции хладагента/теплоносителя.

В плане совершенствования трансмиссии электромобилей показательна [7] инновационная разработка коробки передач со-

временного силового агрегата, являющаяся результатом сотрудничества компании Oerlikon Drive Systems и концерна Continental. Этот компактный (500×400×320 мм) силовой агрегат с максимальными оборотами 14 000 мин$^{-1}$, максимальным крутящим моментом 270 Нм, максимальной мощностью 120 кВт и мощностью продолжительной эксплуатации 60 кВт массой всего 75 кг третьего поколения предназначен для использования в электромобиле полной массой до 2200 кг. Главным его компонентом является малошумная и виброразгруженная инновационная двухступенчатая коробка передач с встроенной стояночной тормозной системой массой 21 кг трансмиссии с общим передаточным числом i_o = 9,37. Ее максимальное расстояние между осями валов составляет 150 мм, между первичным валом-ротором электродвигателя и промежуточным валом с первой понижающей передачей с i = = 3,42 – 75 мм, между ним и вторичным с i = 2,74 – 117 мм. Первичный вал-ротор опирается на три шарикоподшипника, промежуточный и вторичный валы – на конические роликоподшипники низкого трения. Зубчатое колесо вторичного вала резьбовым сопряжением прифланцовано к шестерне главной передачи дифференциала с двумя планетарными рядами.

Из-за растущего экономического и экологического давления законодателей и конечных потребителей в фокусе внимания автопроизводителей оказываются не только индивидуальные или легковые КТС, но и грузовой подвижной состав разных типоразмеров, но и пассажирский разной, в том числе большой, вместимости, в первую очередь, эксплуатирующийся в густонаселенных регионах и, главным образом, в мегаполисах. Уже есть успешные примеры следующего поколения электрических автобусов и грузовых автомобилей, которые, прежде всего, экономичны и привлекательны в дополнение к беспроблемному транспорту – как для оператора КТС, так и для производителя.

Основными целями инновационных разработок являются меньшие размеры, снижение себестоимости продукции и массы как отдельных систем, так и КТС в целом, а также повышение их эффективности, надежности и долговечности. Основным объектом совершенствования этих электрических КТС является [8] электропривод. В этих своих разработках концерн AVL, который, таким образом, фокусируется на оптимизации. AVL разрабатывает индивидуально оптимизированные электроприводы для легких и тяжелых грузовиков и автобусов. Внедрены различные концепции привода – каждый из них адаптирован к данным условиям проекта и к приложению. Например, на основе всестороннего анализа рынка и сравнительного анализа. Кроме того, разработаны модульные и масштабируемые семейные концепции с учетом требований к транспортному средству и доступного места для установки. Преимущество этих семейных концепций заключается в минимизации затрат на разработку и продукт. Используя инструменты проектирования на основе моделей, все соответствующие параметры системы анализируются и оптимизируются на ранней стадии разработки. С одной стороны, это позволяет выбирать и интегрировать наиболее подходящие компоненты, а с другой – обеспечивает оптимизированную интеграцию системы с максимальной производительностью и низкими выбросами NVH и EMC. При необходимости AVL разрабатывает индивидуально оптимизированные компоненты для электронного управления приводом, силовой электроники, трансмиссии и

Электробус BYD

контроля до серийной зрелости и обеспечивает индустриализацию с установленными партнерами. Не в последнюю очередь, небольшое количество интерфейсов к транспортному средству приводит к большей надежности электрических осей грузовых автомобилей. Кроме того, монтажные работы в КТС сводятся к минимуму. Концепция семейства e-axle для коммерческих КТС является действенным решением для удовлетворения требований к свободному от выбросов городскому трафику.

О результатах энергоэффективного совершенствования электропривода можно наглядно судить по бурно развивающемуся автомобильному, вообще, и электромобильному, в частности, рынку Китая – импортному, совместному и собственному.

В то время как перспектива достижения поставленной правительством Германии цели появления на дорогах общего пользования страны к 2020 г. 1 млн электрифицированных КТС до сих пор остается сомнительной, электромобильный рынок Китая продолжает [9] стремительно расти. Из 517 тыс. зарегистрированных в КНР в 2016 г. новых электрифицированных КТС, что на 53 % больше, чем в 2015 г., 81 % приходится на электромобили и 19 % – на гибридные автомобили с розеточными комбинированными энергетическими установками. При этом китайскими производителями BYD (электробусы), BJEV, Geely и совместным предприятием BAIC их произведено более 100, 45, 45 и 45 тыс. ед. соответственно. Стабильность этой тенденции подтверждена продажей в январе 2017 г. 5682 электромобилей, что

Mercedes-Benz A-Class

в пересчете на год прогнозируется в размере 700–800 тыс. ед. Среди лидеров зарубежных материнских концернов автопроизводителей Китая – немецкие BMW и Volkswagen. Первым силами чунцинского BAIC планируется реализовать в КНР до 2020 г. более 1 млн ед. электромобилей, а вторым до 2025 г. – более 1,5 млн ед.

Подтверждением истинности вектора рассматриваемых тенденций совершенствования, главным образом, индивидуальных КТС является направленность действий известнейших мировых производителей легковых автомобилей компакт-класса в новом премиальном сегменте в перспективе до 2022 г. Она рассматривается [10], например, в обзоре современного и перспективного состояния рынка премиальных легковых автомобилей компакт-класса на ретроспективном фоне прошлых фаворитов. Оцениваются позиции германских лидеров его нового поколения – Audi A3, BMW первой серии и Mercedes-Benz A-Class, завоевывающих все большую популярность у потребителя, и претендующих на их незыблемость до 2022 г. – перспективы пяти-шестилетнего жизненного цикла одной модели.

Если раньше лидерами рынков продаж были сплошь седаны: Pontiac Aztek, Ssangyong Rodius (первое поколение), Fiat Multipla, VW Jetta I или II, Ford Orion и Opel Kadett E Formheck, то теперь – все по-другому: 60 % успеха серийного легкового автомобиля определяет его потребительская полезность. И только консервативные китайские и американские клиенты, оставаясь приверженцами классического стиля, отказываются от набирающего популярность хэтчбека в пользу седана.

В рассматриваемых германских фаворитах мирового автомобильного рынка четко проявляется тенденция сглаживания угловатых форм классического notchback – трехразмерного седана с приближением очертаний кузова к хэтчбеку. Дальше всех пошел концерн AUDI в своей четырехдверной мод. Audi A3 Sportback в стиле A5 и A7 в виде явного противопоставления двухдверных универсалам. Однако в грядущем 2019 модельном году Sportback уже видится стандартным. Он – более вместительный и аэродинамичный. А еще только разрабатывающийся перспективный преемник Audi A3 Sportback – новый Audi Q2, по просочившейся видеоинформации, – уже четырехдверный хэтчбек с большой задней дверью. BMW 2 Series Gran Coupe – уже оформившийся переднеприводный универсал. Mercedes-Benz A-Class и CLA – также с новой архитектурой с большим пространством салона и багажника, что также является результатам приближения к одноразмерному дизайну.

Все три известнейшие немецкие автоконцерны особое внима-

ние уделяют комфортабельности и эргономичности салона, оснащенного современной информационно-навигационной с увеличенными по размерам и возможностям мониторами, информационно-развлекательными системами и осветительной аппаратурой. Среди силовых агрегатов предпочтение отдается ДВС нового поколения конструктивной серии M-254 с верхним расположением кулачкого вала (чаще – двух валов) газораспределительного механизма рабочим объемом 1999 см^3 номинальной мощностью 200 кВт. Это делает CLA 250 Sport прямым конкурентом S3 Sportback и M240i Gran Coupe.

Двигатели M-254 рассчитаны на более эффективную работу благодаря встроенному стартер-генератору, поддерживаемому 48-вольтовой бортовой сетью, в то время как фильтр частиц бензина дополнительно уменьшает выбросы. Audi, BMW и Daimler объединились в этой нише в будущем. Поэтому четырехцилиндровый двигатель с турбонаддувом и полный привод с электронным управлением двухпоточной трансмиссией способен обеспечивать около 220 кВт. BMW не спешит полностью перейти четырехцилиндровый ДВС, сохраняя сильные позиции для шестицилиндрового M140i/M240i, уже имеющего в настоящее время мощность 250 кВт.

В инновационных задумках Audi и Daimler в своих новых моделях RS 3 с пятицилиндровым ДВС технологии TSI, четырьмя поршневыми кольцами в мод. A3 и 45er AMG с прицелом на

Audi A3 Sportback

400-сильный двигатель, соответственно, пошли дальше, чем BMW в своем флагмане M2, что обещает еще более усиливающуюся конкуренцию между ними. Сдал и не только по причине экологического скандала свои позиции немецкий концерн Volkswagen: популярность его Golf в восьмого поколения оказывается ниже, чем у первой, поэтому он решил воспользоваться помощью у более успешных коллег-соперников. А вот шведская компания Volvo в мод. V40 2019 модельного года вместо базы Ford будет использовать так называемую компактную модульную архитектуру шасси, обеспечивающую большее разнообразие модификаций и более гармоничный дизайн.

Таким образом, становится понятной стратегия совершенствования приводов КТС не только в плане использования основных концептуальных разработок в области реализации основных тенденций – гибридизации и электромобилизации, но и внедрения конструкторско-технологичеких мероприятий по их внедрению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Diesel** werden tatsächtlich sauberer // Auto, Motor und Sport, 2017, №. 8 с.
2. **Willers O.W., Kunte H., Seume J.** ORC-Turbinen-Generatireinheit für Lkw-Anwendungen // ATZ: Automobiltechn. Z. 2017. 119, № 10. С. 64–66.
3. **Lensch-Franzen C., Kronstedt M., Luttge M., Wittemann M.** Reibleistungsreduzierung an hochbelasteten Einspritzsystemkomponenten // MTZ: Motortechn. Z. 2017. 78, № 5. С. 50–54.
4. **Strenkert J., Schildhauer C., Steiner M., Hinsken T.** Das neue Plug-in-Hybridantriebssystem fur die S-Klasse // MTZ: Motortechn. Z. 2017. 78, № 6. С. 46–47.
5. **Tochtermann J., Ackerl M., Schreier H., Walter K.** Integrierte elektrische Lkw-Achse für den innerstädtischen Verteilerverkehr // ATZ: Automobiltechnische Zeitschrift, 2017, Том 119, № 11. С. 60–61.
6. **Wawzyniak M., Art L., Jung M., Ahmed F.B.** Thermomanagement als Grundvoraussetzung für die elektrische Mobilität // ATZ: Automobiltechn. Z. 2017. 119, № 9. С. 52–57.
7. **Gagliardi D., Gobetti A.** Ein-Gang-Getriebe für Elektrofahrzeuge mit 270 Nm Eigangsdrehmoment // ATZ: Automobiltechn. Z. 2017. 119, № 6. С. 42–47.
8. **Integrierte** elektrische Achsen Integrierte elektrishe Achsen für LKW und Busse von AVL//https://www.avl/com/web/guest/-/avl-e-axle-systems-for-truck-bus.
9. **Fur Elektroautos** ist China das Mass aller Dinge // Maschinenmarrt. 2017. № 22. С. 14–15.
10. **Dralle J.** Neue Premium-Kompakte bis 2022 // Auto, Motor und Sport, 2017. № 17. С. 16–21.

Ссылка для цитирования

Грушников В.А. Насущные усовершенствования автомобилестроения // Журнал "АГЗК + АТ", 2018. Т. 17. № 10. С. 469–474.

НА ЗАВОДЕ IVECO В МАДРИДЕ

А.С. Савченко, зам. главного редактора журнала АГЗК+АТ

Нам давно хотелось побывать на заводе IVECO в Мадриде, где выпускают грузовики Stralis и Trakker. И вот наше желание исполнилось: по приглашению IVECO мы в середине апреля побывали в испанской столице и спешим рассказать вам об этом.

Ключевые слова: *предприятие; золотая медаль; система организации; конвейер; комплектующие; посты контроля качества; испытания.*

AT THE IVECO PLANT IN MADRID

Savchenko A.S., deputy editor-in-chief of the journal AGZK+AT

We have long wanted to visit the IVECO plant in Madrid, where the trucks Stralis and Trakker are produced. And now our wish came true: at the invitation of IVECO, we visited the Spanish capital in mid-April and are in a hurry to tell you about it.

Keywords: *manufacture; gold medal; system of organization; conveyor; accessories; quality control posts; tests.*

Сегодня мадридский завод IVECO – во всех смыслах флагман производства, образцовое предприятие CNH Industrial. В 2017 г. он получил золотую медаль World class manufacturing – программы, нацеленной на достижение безусловного промышленного совершенства. И пока остается единственным из 64 предприятий концерна обладателем этого трофея, подтверждающего высокий уровень качества выпускаемой здесь продукции.

Методика WCM базируется на фундаментальных принципах, образно выражаясь, "абсолютного нуля": ноль ошибок, ноль потерь, ноль несчастных случаев, ноль дефектов, ноль машин на складе. Она разделяет весь комплекс основных факторов, определяющих эффективность производства, на десять направлений, среди которых техника безопасности, логистика, защита окружающей среды, развитие персонала и пр. А золотую медаль WCM получает лишь тот, кто добился наилучших результатов по итогам очень подробного аудита. В прошлом году им оказался мадридский завод IVECO.

Что же выделяет его в ряду предприятий CNH Industrial? Что делает достойным такой высокой награды, как обоснованное признание промышленных достижений?

Сказать, что это очень современное предприятие, оснащенное по последнему слову техники, – не сказать ничего. У CNH Industrial, пожалуй, и нет других.

Это производственная площадка 374 тыс. м^2, 1 грузовик каждые 6 мин, 136 грузовиков в день, почти 27,5 тыс. грузовиков в прошлом году, а каждый грузовик – это примерно 2000 деталей, которые нужно собрать, проверить и только после этого отправить клиенту. Но самое поразительное то, что из всего объема выпуска, пожалуй, не найдешь два одинаковых автомобиля. IVECO старается предложить максимально индивидуализированный продукт, учитывающий все особенности эксплуатации тяжелой техники в этой стране. Девять тысяч различных вариантов машин! Гамма комплектаций чрезвычайно широка, завод работает чуть ли не по персональным заказам каждого конкретного клиента. На одном конвейере собираются совершенно различные грузовики во всей линейке комплектаций и моделей.

Заводоуправление Iveco Pegaso

То есть, с одной стороны, здесь налажено полноценное конвейерное производство (протяженность конвейера – около 1,5 км), с другой – фактически штучное. И это, безусловно, высший промышленный пилотаж, освоить который по силам далеко не всем.

Совмещать две, казалось бы, несовместимые производственные модели заводу IVECO позволяет, во-первых, модульный дизайн выпускаемой техники. Во-вторых – система организации производственных циклов и всей структуры управления предприятия в целом, за которую оно, собственно, и получило золотую медаль WCM.

Благодаря именно этой системе всегда можно быть уверенным, что все детали для сборки очередного грузовика поступили в нужный момент и будут установлены в соответствии с четким предписанием на вполне конкретный автомобиль, предназначенный для вполне конкретного рынка, и никуда иначе.

Это касается как физических комплектующих – узлов, агрегатов, отдельных деталей, кузовных элементов и пр., так и программного обеспечения. Прежде чем выпустить машину с конвейера, специалисты завода полностью проверяют совместимость всех электронных компонентов на предмет ошибок или нестыковок.

 ISSN 2073-8323

Женщины на заводе Iveco Pegaso составляют 21 % персонала

До того как грузовик поступит в производство, с помощью 3D-моделирования формируется заданная электронная конфигурация, опять же, для вполне конкретной машины для вполне конкретного рынка. Это позволяет оптимизировать рабочий цикл таким образом, что каждый автомобиль уже в процессе производства получает исключительно для него предназначенные электронные компоненты и программное обеспечение.

На конвейере автомобили чередуются: за длинным грузовиком идет, как правило, короткий, что делает линию более динамичной и позволяет эффективнее осуществлять сборку. Все посты оснащены компьютерными экранами, на которых приведен перечень операций с описанием деталей для монтажа. Из-за того что производственная гамма чрезвычайно разнообразна, операторы конвейера всегда должны иметь перед собой исчерпывающую информацию о том, что им необходимо сделать в данный момент.

Чтобы исключить малейшую ошибку, эта информация постоянно транслируется системой управления производством на каждый пост, изменяясь в зависимости от подошедшей на него машины.

Конвейер – это строгий цикл, строгий порядок, регламентированный и соблюдаемый на каждом посту во избежание сбоев и остановок. Качество не создается само по себе. Оно формируется, в том числе, и слаженностью действий всех участников производственного процесса – от самого первого до самого последнего поста. Четкая согласованность, жесткая последовательность – вот что собой представляет конвейер, и чтобы он работал безупречно, данные условия ни в коем случае не должны нарушаться.

Сборка рамы грузовика – самый сложный процесс и менее автоматизированный

Контроль осуществляется на всем протяжении линии, которая разделена на 9 участков – соответственно, 9 постов контроля качества, на которых специалисты проверяют качество сборки на данном участке. Если они обнаруживают какие-либо недостатки или дефекты, вызывается тот (или те), кто их допустил, для устранения. При этом по окончании сборки каждый грузовик в течение 10 часов проходит разносторонние тесты. А две машины в день выборочно подвергаются дополнительной проверке, включающей и тест-драйв за воротами завода.

Отметим, что мадридская площадка – это практически в чистом виде сборочная площадка. Здесь не производят комплектующие, здесь собирают грузовики из комплектующих, поступающих с разных предприятий CNH Industrial или от внешних поставщиков. И все надо проверить, надо обеспечить их своевременное поступление на склад, выдачу на конвейер и т.д.

Например, кабины приходят из Вальядолида, где занимаются их сваркой и окраской. А оснащение кабин уже осуществляется здесь. Они поступают сюда маги-

Все трудоемкие операции на заводе автоматизированы

...но без людей не обойтись

Вот так дособирают кабину модели Stralis

стральными тягачами (по 4–5 кабин) по системе just in time, так же как и двигатели с коробками, чтобы чуть ли не сразу по приходе быть отправленными на сборку. Вы представляете, насколько совершенной, насколько высокотехнологичной должна быть система управления производством, чтобы точно в срок все необходимые комплектующие – кресла, электронные модули, приборная панель, рулевое колесо и прочие, предназначенные исключительно для этой конкретной кабины, – оказались на требуемом участке конвейера? Какая работа логистов, менеджеров, снабженцев и т. д. должна проводиться в постоянном режиме, чтобы не происходило накладок, заминок, ошибок? Сколько вообще людей вовлечено в этот процесс – и не только в Мадриде, но и на смежных производствах у поставщиков? А у поставщиков поставщиков? Ведь, безусловно, есть и такие, потому что цепочка создания ценности не ограничивается одним-двумя заводами.

Действительно, со стороны, даже после посещения предприятия, все это представляется с трудом. Но это, несомненно, работает как часы, без запинки и заслуживающих внимания сбоев, потому что мы видим наглядные результаты, воплощенные в жизнь.

И результаты эти не вызывают никакого сомнения в их качестве и соответствии заявленным характеристикам. За что, собственно, продукция IVECO и пользуется заслуженным признанием и уважением во всем мире.

Iveco Pegaso

Марка Pegaso появилась в 1946 г. как подразделение компании ENASA (Empresa Nacional de Autocamiones). В 1947 г. был собран первый грузовик Pegaso Z-207. Основой его послужил Hispano Suiza тип 66G, оснащенный V-образным двигателем и шестиступенчатой коробкой передач. Ключевой момент в истории фирмы произошел в 1991 г., когда её купила компания IVECO. На заводе была проведена серьезная модернизация. В 2008 г. предприятие выпустило миллионный грузовой автомобиль.

В настоящее время на Мадридском заводе IVECO собирают машины большой грузоподъемности – Stralis (52,6 %), Trakker (19 %) и автоспецтехнику (28,4 %). Площадь предприятия составляет 374,4 тыс. м^2, на нем трудятся 2400 человек, средний возраст которых – около 40 лет. Ежедневно завод выпускает 136 автомобилей.

 ISSN 2073-8323

Газомоторный словарь*

За последние годы в нефтегазовой отрасли появилось много новых терминов, о которых можно узнать только в Интернете или специализированной литературе. Но книга и ноутбук не всегда могут оказаться под рукой. Редакция журнала АГЗК+АТ подготовила краткий Газомоторный словарь, воспользоваться которым и найти нужную информацию может наш читатель.

ПАГЗ (передвижной автомобильный газовый заправщик)

Установка, предназначенная для транспортировки и хранения сжатого природного газа и заправки им автомобилей и другого транспорта. Некоторые ПАГЗ используют как средство газификации населенных пунктов и отдельных предприятий.

ПБА (пропан-бутан автомобильный)

Сжиженный газ на основе углеводорода, используемый в качестве топлива для автомобильного транспорта. Его получают при добыче или переработке нефти или природного газа.

Подогреватель газа

Предназначен для подогрева природного, попутного и нефтяного газа до необходимой температуры. Подогреватели используются как в составе станций газораспределительных блочных, так и автономно.

Природный газ

Наиболее распространенное газовое топливо, обладающее высокой теплотой сгорания. Основой природного газа является метан, содержание которого доходит до 98 %.

Пропан

Газ, образуемый при добыче или переработке нефти (C3H8). В небольших количествах содержится в природном газе. Используется в качестве моторного топлива, а также для газопламенных работ, в быту для обогрева помещений, подогрева воды и т.п.

Расход газа

Показатель, определяющий количество расходуемого газа двигателями. Расход газа в транспортных средствах отражается в литрах на 100 км.

СЖТ (синтетические жидкие топлива)

Дизельное топливо, бензин, керосин, моторное масло, получаемые путем синтеза из синтез-газа (смесь водорода, монооксида углерода и углекислого газа). В качестве сырья для производства СЖТ используется природный газ, бурый или каменный уголь/сланец, тяжелые нефтяные остатки. СЖТ соответствует стандарту Евро-4.

СПГ (сжиженный природный газ), **LNG**

Вид моторного топлива, представляющий собой криогенную жидкость, сохраняющуюся при сверхнизких температурах. Сжиженный природный газ получают путем охлаждения сжатого природного газа до температуры – 161,5 °С. Ввиду значительного уменьшения объема природного газа при сжижении (примерно в 600 раз) СПГ удобно транспортировать на большие расстояния с возможной последующей регазификацией.

СПГ, как и КПГ, может использоваться в качестве моторного топлива.

Благодаря тому, что СПГ имеет высокий показатель энергоёмкости, его эффективно применять в двигателях большого объёма с высоким потреблением топлива. В качестве наиболее перспективных сегментов применения СПГ рассматривается магистральный, железнодорожный, водный транспорт, карьерная и сельскохозяйственная техника.

СТОА (станция технического обслуживания автомобилей)

Предприятие, предоставляющее услуги по ремонту и техническому обслуживанию транспорта. Представляет собой ряд сооружений и механизмов, собранных в одном месте и предоставляющих комплексный набор услуг.

СУГ (сжиженные углеводородные газы)

Смесь сжиженных под давлением лёгких углеводородов с температурой кипения от –50 до 0 °С. Предназначены для применения в качестве топлива. Состав может существенно различаться, основные компоненты: пропан, пропилен, изобутан, изобутилен, н-бутан и бутилен. Производится в основном из попутного нефтяного газа. Транспортируется и хранится в баллонах и газгольдерах. В качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания обычно используется смесь пропан-бутан.

Углеводородное топливо

Вид жидкого нефтяного топлива, состоящего из соединений углерода и водорода. К нему относятся такие виды топлива, как углеводородные горючие газы и жидкие нефтяные топлива.

Универсальный двигатель

Вид двигателя, который способен работать на двух видах топлива. Чаще всего на универсальном двигателе используют бензин и газ.

Экотопливо

Альтернативный вид горючего топлива. В отличие от традиционных видов топлива, экотопливо производится из остаточных продуктов предприятий агропромышленного комплекса.

Электромобиль

Транспортное средство, приводимое в движение электродвигателями с питанием от аккумуляторов или топливных элементов. Главными преимуществами являются: отсутствие выхлопных газов, бесшумность, низкая стоимость эксплуатации и простота управления.

Энергетическая отдача инвестиций (Energy Return on Investment)

Показатель, отражающий отношение количества добытых баррелей нефти к количеству баррелей, расходуемых на ее добычу. Когда значение показателя равно одному, для добычи нефти необходимо использовать альтернативные источники энергии.

Продолжение статьи. Начало в журнале "АГЗК+АТ" Том 17. № 7, 9.

"Газпром" увеличил газозаправочную сеть в Томской области до пяти станций

4 июля в Москве состоялась рабочая встреча Председателя правления ПАО "Газпром" Алексея Миллера и губернатора Томской области Сергея Жвачкина.

Схема магистральных газопроводов в Томской области

Стороны обсудили ход и перспективы развития сотрудничества. В частности, речь шла о газификации региона. Отмечено, что в 2005–2017 гг. "Газпром" построил здесь пять межпоселковых газопроводов. Благодаря совместной работе компании и Администрации области средний уровень газификации на 1 января 2018 г. составил 12,3 %.

В настоящее время "Газпром" ведет подготовку к началу строительства газораспределительных станций и газопроводов-отводов в г. Асино Асиновского района и с. Победа Шегарского района, а также шести межпоселковых газопроводов к населенным пунктам Асиновского, Зырянского, Первомайского, Томского и Шегарского районов. Продолжается реализация проекта автономной газификации сжиженным природным газом потребителей в ряде населенных пунктов, удаленных от системы газоснабжения.

Отдельное внимание на встрече было уделено расширению рынка газомоторного топлива в регионе. В мае открыта новая автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС) "Газпрома" в Томске. Таким образом, газозаправочная сеть компании увеличена до пяти станций. Начато проектирование еще одной АГНКС – в г. Асино.

Между "Газпромом" и Администрацией Томской области действуют соглашения о сотрудничестве и о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива, а также Меморандум о взаимодействии в сфере организации и обеспечения функционирования регионального образовательно-отраслевого центра.

В 2005–2017 гг. "Газпром" направил на газификацию региона 4,65 млрд руб. В 2018 г. инвестиции запланированы в объеме 902 млн руб.

В сентябре 2017 г. подписана программа развития газоснабжения и газификации региона на период до 2021 г. В соответствии с документом планируется газифицировать 27 населенных пунктов, подготовить к приему газа около 16,5 тыс. квартир и домовладений, а также 135 котельных. Инвестиции компании в рамках программы оцениваются в 6,6 млрд руб. Их фактический размер будет зависеть, в том числе, от выполнения регионом обязательств по подготовке потребителей к приему газа.

www.gazprom.ru

 ISSN 2073-8323

В подмосковном Ногинске открылась новая дилерская станция Scania

5 июля 2018 г. в Ногинске Московской области состоялось торжественное открытие новой дилерской станции шведского бренда Scania "Скания Ногинск".

Дилерская станция "Скания Ногинск" является обособленным структурным подразделением авторизованного дилера Scania "Скания Сервис" и находится на 50-м километре Горьковского шоссе (М7). Здание введено в эксплуатацию в январе 2018 г. Расположение станции обеспечивает более удобный подъезд грузовых машин.

Площадка, оснащенная по самым современным стандартам, рассчитана на максимально широкий комплекс услуг по обслуживанию и ремонту техники Scania – грузовых машин, автобусов, промышленных установок. Станция также готова к сложным ремонтам двигателей, в том числе газовых. В зоне техобслуживания и ремонта 6 линий для размещения автомобильной и прицепной техники – в общей сложности 12 машино-мест. Также имеется линия для диагностики и проведения государственного техосмотра, линия мойки, кузовной участок с линиями силового пола и линиями сборки-разборки.

Станция оборудована современными системами учета и раздачи масла шведской компании Orion, 4 раздаточные колонны экономят продуктивное время механика.

В ремонтной зоне находится современное европейское оборудование для быстрого и качественного ремонта промышленных установок и техники, работающей как на дизельном, так и на газомоторном топливе. Ремонтная зона также оснащена современным компрессорным оборудованием: основным и резервным.

На кузовном участке выделена специальная зона для правки осей, восстановления геометрии рамы автомобиля, правки кабин и ремонта самосвальных кузовов. Установленное там оснащение позволяет ремонтировать все виды автомобилей Scania, в том числе модели нового поколения.

Линия мойки снабжена нижним порталом для автоматической очистки днища транспортных средств от загрязнений. В смотровых ямах есть современные канавные подъемники МАНА для быстрого подъема машин. В дополнение имеется автоматизированная система раздачи и сбора масла.

Генеральный директор ООО "Скания-Русь" Войцех Ровински отмечает: "В 2016 г. мы завершили строительство и открыли сервисную станцию в Голицыно. Сегодня, менее чем через два года, мы открываем вторую станцию – уже в Ногинске. Объем инвестиций в этот проект составил 550 млн руб., созданы десятки новых рабочих мест. Станция рассчитана на техническое обслуживание и ремонт около 4000 грузовиков и автобусов в год".

Как отметил Войцех Ровински: "Сегодня мы видим, как меняются потребности наших партнеров и рынка, именно поэтому используем новейшие технологии, инженерные решения и новую стратегию ведения бизнеса в целом. Ведь наше развитие зависит от благополучия наших клиентов, партнеров. Scania избрала иной подход в отношении своих партнеров, мы действительно изменили фокус внимания, направив его на сотрудничество. Все это ради развития транспортного бизнеса и удобства".

В открытии станции вместе с руководством "Скания-Русь" принял участие Тубиас Лоренцон, советник-посланник, заместитель главы миссии, глава политического отдела Посольства Королевства Швеции в РФ.

www.scania.ru