

ЭКОНОМИКА ЛОГИСТИКИ: СКОЛЬКО «РУБЛЕЙ» ВЫБРАСЫВАЕТ ВЫХЛОПНАЯ ТРУБА АВТОМОБИЛЯ, ИЛИ ЧТО ПРЕПЯТСТВУЕТ УВЕЛИЧЕНИЮ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Игорь Дубровин,
с.н.с., к.т.н., НИИ ВА МТО
имени генерала армии А.В. Хрулева

Евгений Дубровин,
с.н.с., к.т.н., НИИ ВА МТО
имени генерала армии А.В. Хрулева

Антон Гусак,
магистр, оператор научной роты, НИИ ВА МТО
имени генерала армии А.В. Хрулева

Аннотация. Сегодня в мире эксплуатируется более одного миллиарда автомобилей, каждый из которых представляет собой не только средство передвижения, но и источник выбросов в атмосферу «денежных средств», затраченных автовладельцами на содержащееся в выхлопных газах топливо. При этом выбросы автомобиля не только загрязняют природную среду, принося значительный экономический ущерб автовладельцам, но и препятствуют дальнейшему увеличению автотранспортных перевозок.

Ключевые слова. Топливо, двигатель, система, выхлопные газы, автомобиль, транспорт, «лишнее» топливо.

Annotation. Today in the world more than one billion cars are operated, each of which represents not only the vehicle, but also a source of emissions in the atmosphere of the «money» spent by car owners for the fuel which is contained in exhaust gases. At the same time gas emissions of the car not only intensively pollute the environment and bring significant economic damage to car owners, but also interfere with further increase in motor transportation transportations.

Key words. Fuel, engine, system, exhaust gases, car, transport, «excess» fuel.

Сколько газов выбрасывается автомобилем в атмосферу

Количество выхлопных газов автомобиля определяется часовыми весовыми расходами (кг/час) топлива / горючего и атмосферного воздуха / окислителя. Часовой весовой расход воздуха, в свою очередь, определяется коэффициентом избытка воздуха (α), значение которого для автомобильных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) находится в диапазоне от 1,3 (у атмосферных ДВС) до 50 (у турбированных ДВС). Используемые в настоящее время атмосферные двигатели для приготовления горючей смеси на 1 кг топлива, как известно, потребляют не менее 13 кг воздуха, а турбированные соответственно около 50 кг воздуха. Суммарный вес образовавшихся выхлопных газов при сжигании только 1 кг топлива в час составляет у атмосферного двигателя не менее 14 кг (1 кг топлива + 13 кг воздуха) смеси различных газов, а у

турбированного – около 51 кг (1 кг топлива + 50 кг воздуха).

Таким образом, с учетом средних плотностей автомобильных топлив при сжигании всего лишь одного литра бензина ($\rho = 0,75 \text{ кг/м}^3$) в атмосферу сбрасывается около $12 \div 38$ кг выхлопных газов, а при сжигании только одного литра дизельного топлива ($\rho = 0,85 \text{ кг/м}^3$) – соответственно $13,6 \div 43$ кг выхлопных газов.

Другой не менее актуальной проблемой является потребление большого количества атмосферного воздуха, необходимого для работы двигателей. Так, на сжигание 1 л бензина из атмосферы забирается от $11 \div 37,6$ кг, а на сжигание 1 л дизтоплива – $12,7 \div 42,4$ кг воздуха. Учитывая количество одновременно работающих на нашей планете автомобильных двигателей, суммарное потребление ими воздуха только за 1 ч работы колоссальное. К сожалению, эта проблема сегодня не рассматривается, однако она объективно существует и усугубляется.

Одним из компонентов автомобильных газов, как известно, является недогоревшее в двигателе топливо, представленное жидкими и газообразными углеводородами, которые не принимают участия в реакции горения / окисления, поскольку являются «лишними». Минувя транзитом зону горения, они выбрасываются в воздушный бассейн в составе продуктов сгорания. «Лишним» это топливо оказалось потому, что было подано в камеру сгорания автомобильного двигателя сверх необходимой нормы. Между тем любое топливо имеет свою стоимость, и повседневная эксплуатация автомобиля сопровождается выбросом «рублей» из выхлопной трубы.

Что показывают расчеты

Количество «рублей», выбрасываемых из выхлопной трубы, легко определить для любого автомобиля. В качестве примера возьмем отечественный городской автобус ЛиАЗ-5293 с турбо-

дизелем ЯМЗ 5362 (рис. 1) и декларируемым расходом топлива в смешанном цикле 27 л на 100 км.

Для выполнения расчета необходимо учесть следующее:

- все расчеты производятся на 100 км пробега по городу и в области;
- процесс сгорания топлива в цилиндрах организован правильно;
- количество затрачиваемого топлива переводится в килограммы.

С учетом плотности дизельного топлива, равной 850 кг/м^3 , расход топлива автобуса ЛиАЗ-5293 составит $22,95 \text{ кг/100 км}$ ($(27 \text{ л} : 1000 \text{ м}^3/\text{л}) \times 850 \text{ кг/м}^3$).

При турбинном наддуве воздуха в дизельный двигатель коэффициент избытка воздуха равен 5,0 и более, то есть на окисление 1 кг дизельного топлива в цилиндры двигателя нагнетается не менее 50 кг атмосферного воздуха. Таким образом, фактическое количество воздуха, подаваемое в цилиндры двигателя ЯМЗ 5362 турбиной компрессора, составляет 1 147,5 ($50 \times 22,95$) кг и более. Между тем оптимальным или требуемым соотношением топлива и воздуха является 1,0 : 11 и для сжигания 22,95 кг топлива достаточно всего лишь $\sim 252,5$ ($11 \times 22,95$) кг атмосферного воздуха. При этом на нагрев и перегрев избытка воздуха, равного ~ 895 ($1147,5 - 252,5$) кг, сверх основного расхода в камеру сгорания подается более 11,1% (около $\sim 2,5$ кг/час) топлива. Очевидно, что это топливо, подаваемое за час в камеру сгорания двигателя сверх нормы, является «лишним».

Все «лишнее» топливо в зоне горения термически трансформируется и в том же количестве, но уже в газифицированном виде и жидкообразном состоянии поступает из двигателя в выхлопную трубу и далее – в атмосферу. После перевода килограммов в литры имеем следующее. Автобус ЛиАЗ-5293 с турбодизелем ЯМЗ 5362 за 100 км пробега сбрасывает в атмосферу $\sim 2,9$ л ($(2,5 \text{ кг} : 850 \text{ кг/м}^3) \times 1000 \text{ м}^3/\text{л}$).

Учитывая стоимость 1 л дизельного топлива в ценах февраля 2017 г. порядка 41 руб., определим, что денежный эквивалент выброса «лишнего»



Рисунок 1. Автобус ЛиАЗ-5293
Источник: <http://fotobus.msk.ru>

” Сегодня в мире эксплуатируется более одного миллиарда автомобилей, каждый из которых представляет собой не только средство передвижения, но и источник выбросов в атмосферу «денежных средств», затраченных автовладельцами на содержащееся в выхлопных газах топливо.

топлива из выхлопной трубы автобуса ЛиАЗ-5293 с турбодизелем ЯМЗ 5362 составит ~ 119 (41 руб. \times 2,9 л) руб.

Теперь рассчитаем размер платы за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ указанными автомобилями на основании тарифов платежей, определенных постановлением Правительства РФ от 12.06.2003 г. № 344 для каждого вида топлива. В данном постановлении размер платы установлен в рублях за тонну израсходованного топлива и составляет для дизельного топлива 2,5 руб./т, или 0,0025 руб./кг.

Расчет платы за загрязнение атмосферы будем производить также на 100 км пробега по трассе.

Сначала следует определить количество выхлопных газов, для чего сумма долей топлива воздуха, подаваемого на горение, умножается на расход топлива. Количество выхлопных газов, выбрасываемых одним автобусом ЛиАЗ-5293 с турбодизелем ЯМЗ 5362, составит $\sim 1170,5$ кг ($22,95$ кг топливных газов + $1147,5$ кг воздуха) кг. Затем вычислим размер платы за выброс выхлопных газов от сгорания дизельного топлива.

Итак, за выбросы в атмосферу выхлопных газов одним автобусом ЛиАЗ-5293 с турбодизелем ЯМЗ 5362 размер платы составит $\sim 2,93$ руб./100 км пробега ($1170,5 \text{ кг газов} \times 0,0025 \text{ руб./кг}$).

¹ Расчеты проведены по формулам:

$P = [Q \times 0,36 \times (T_{\text{вх}} - T_{\text{вх}})] : 4,19$, где P – требуемая для нагрева теплота в кДж, Q – расход воздуха в кг/час, $(T_{\text{вх}} - T_{\text{вх}})$ – разница температур на входе в камеры сгорания дизеля и ее выходе, температура нагрева атмосферного воздуха от +15 до +1500 °С;

$V_{\text{л}} = P : Q_{\text{РН}}$, где $V_{\text{л}}$ – топливо, подаваемое в камеру сгорания двигателя сверх нормы, или «лишнее» топливо в кг, $Q_{\text{РН}}$ – теплотворная способность дизельного топлива $44\,800$ кДж/кг, транспортное средство – автобус ЛиАЗ-5293 с турбодизелем.

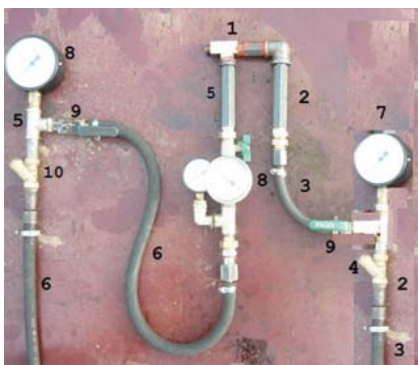


Рисунок 2. Единая воздушно-топливная система для однорядного ДВС:
 1 – самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель (системообразующий элемент системы);
 2 – трубопровод рабочего воздуха;
 3 – гибкий шланг рабочего воздуха;
 4 – воздушный фильтр на трубопроводе подачи сжатого воздуха;
 5 – всасывающий топливный трубопровод;
 6 – гибкий всасывающий топливный шланг;
 7 – воздушные манометры;
 8 – топливные мановакуумметры;
 9 – запорная арматура;
 10 – топливный фильтр на всасывающем топливном трубопроводе.
 Воздушный компрессор, топливная емкость и приемный топливный фильтр на рисунке отсутствуют

Это значит, что при среднегодовом пробеге автобуса ЛиАЗ-5293 с турбодизелем ЯМЗ 5362 равного 15 000 км (150 раз по 100 км) из прибыли автотранспортного предприятия ежегодно удерживаются только за один автобус денежные средства в размере около 874,5 ((2,9 руб./100 км + 2,93 руб./100 км) × 150) руб., что вызвано несовершенством топливной системы автобуса и необходимостью платы за выброс выхлопных газов.

Расчеты показывают, что среднегодовой выброс «рублей» через выхлопную трубу одного автобуса невелик, однако учитывая, что на 1.07.2017 г. в России, по данным Автостата РФ, эксплуатировалось 34 400 автобусов марки ЛиАЗ, среднегодовой денежный эквивалент выброса «лишнего» топлива в атмосферу составил более 30 млн (874,5 – 34 400) руб. в год. В реальности эта сумма значительно выше, поскольку фактический расход топлива автобусами ЛиАЗ больше декларируемого, и в расчетах не учтен их городской цикл функционирования.

Данную методику расчета можно применить как к отдельному автотранспортному средству, так и к нескольким автомобилям.

Необходимо добавить, что максимальное количество «рублей» выбрасывается из выхлопной трубы при наборе мощности, причиной чему является приготовление и сжигание обогащенной горючей смеси (с переизбытком топлива и недостатком воздуха). Становится очевидно, что это не что иное, как плата за использование в XXI в. устаревшей технологии приготовления горючей смеси.

Таким образом, все автомобили, оборудованные ДВС, выбрасывают в окружающую среду недогоревшее горючее, что является прямым ущербом, размер которого постоянно растет с увеличением стоимости топлива.

Снижение расхода топлива

Снижением расхода топлива на автомобильные двигатели, которое всегда рассматривалось как одно из важнейших направлений повышения их экологической чистоты, производители автомобилей и двигателей занимаются в течение более 100 лет, и за это время было сделано немало. Однако отдельные мероприятия, например, установка катализаторов на выхлопные трубы и применение присадок, так и не смогли решить проблему наличия «лишнего» топлива. Несколько других реализованных мероприятий, таких как сжигание в двигателях гидротоплива, топливных смесей и горючих марки «Евро», привели к увеличению количества «лишнего» топлива в выхлопных газах. Продукты сгорания водотопливных эмульсий, топливных смесей и горючих типа «Евро» действительно являются более экологичными, однако по сравнению с традиционно используемыми видами топлив они оказались менее калорийными: для поддержания требуемой мощности двигателя требуется повышение расхода традиционного горючего (чистого бензина), что приводит к увеличению «лишнего» топлива в газовых выбросах. Таким образом, проблема повышения экологической чистоты автомобиля на основе снижения расхода топлива на работу его двигателя так и осталась нерешенной.

Решение существует

Изучив проблему, мы пришли к выводу, что главной причиной возникновения «лишнего» топлива в выхлопных газах является применение в XXI в. устаревшего способа смешения то-

плива и воздуха, в котором первостепенная роль отводится топливу, а второстепенная – воздуху. Конструктивно этот способ приготовления горючей смеси реализован в топливной и воздушной системах. В результате смешения горючего и окислителя готовится смесь топливоздушного вида, причем использование этого способа смешения всегда вызывает появление излишек топлива, что не соответствует экологическим и экономическим требованиям, предъявляемым к двигателям внутреннего сгорания в XXI в.

После выявления главной причины нами была поставлена задача в максимально возможной степени сократить количество «лишнего» топлива в выхлопных газах, например, за счет максимального приближения фактического расхода топлива на двигатель к его теоретическому расходу. Решение этой задачи показало, что без принципиального изменения конструкции топливной и воздушной систем, данный вопрос решить невозможно. Необходимо внести конструктивные изменения в традиционные системы двигателей:

- объединить воздушную и топливную системы двигателя в одну воздушно-топливную систему;
 - отказаться от использования на двигателях внутреннего сгорания самых сложных и дорогостоящих элементов топливной аппаратуры (насосов и форсунок на дизельных двигателях; насосов, карбюраторов или инжекторов на бензиновых двигателях);
 - оборудовать единую систему новым системообразующим элементом – самовсасывающим струйным воздушно-топливным насосом-распылителем.
- Объединение систем в одну и применение нового элемента позволило:
- практически реализовать комплекс организационно-технических мероприятий, активизировать и интенсифицировать процесс горения / окисления углеводородного топлива;
 - аэрировать, гомогенизировать, усреднять состав, обрабатывать и облагораживать исходное топливо до его подачи в камеру сгорания;
 - отказаться от высоких и сверхвысоких давлений воздуха и топлива в воздушной и топливоподающей системах двигателя;
 - добиться тонкости распыла не более 5 ÷ 10 мкм;
 - обеспечить сухое всасывание топлива из бака;

- отказаться от конструктивно сложных, а значит, дорогих элементов традиционной топливной аппаратуры;
- упростить, удешевить и повысить ремонтпригодность объединенной системы;
- на всех режимах работы двигателя, включая холостой ход и переходные режимы, приготавливать горючую смесь оптимального состава (1 кг топлива : 11 кг воздуха);
- приготавливать воздушно-топливную (а не топливо-воздушную, как сегодня) горючую смесь вне камеры сгорания (использовать внешнее приготвление);
- практически полностью использовать по прямому назначению (то есть на сжигание) все топливо из расходного бака и элементов системы;
- исключить дополнительные потери энергии, например, на активацию топлива в камере сгорания;
- качественно и количественно изменить процесс формирования выхлопных газов;
- приблизить фактические расходы топлива и воздуха к теоретическим расходам, что максимально устранило количество «лишнего» топлива, а значит, повысило уровень экологической чистоты двигателя в целом.

О единой или объединенной системе

Единая топливно-воздушная система включает вентилятор (для газодизеля) или компрессор (для жидко-топливных двигателей внутреннего сгорания), трубопровод подачи воздуха, самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель, топливный расходный бак, всасывающий трубопровод с приемным фильтром (рис. 2).

Из традиционной топливной системы ДВС в новую перешли только всасывающий трубопровод с приемным фильтром и расходный бак, остальные элементы новые.

Функции топливных насосов, карбюратора (или инжектора) стал выполнять самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель, который работает на перепаде давлений воздуха, подаваемого от вентилятора или компрессора, и готовит воздушно-топливную смесь, которая через выходной патрубок (насоса-распылителя), вставленного в воздушный коллектор, в виде распыленной мелкодисперсной струи подается к цилиндрам двигателя.

Самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель не имеет механического привода от двигателя, ни вращающихся и движущихся частей, поэтому не требует смазки и охлаждения, связан с компрессором (вентилятором) только по воздуху, а с двигателем – по приготавливаемой воздушно-топливной смеси.

Компрессор (или вентилятор) приводится во вращение от коленчатого вала двигателя или от автономного привода и всасывает из атмосферы воздух, который сжимает и по трубопроводу нагнетает во внутреннюю полость насоса-распылителя. Сжатый воздух с требуемыми рабочими параметрами (расходом и давлением) проходит через насос-распылитель, в приемной полости которого создается разрежение, достаточное для самовсасывания из расходного бака необходимого количества топлива для приготовления горючей смеси. Далее готовая воздушно-топливная смесь распыляется в воздушный коллектор, из которого через воздушные клапаны на такте всасывания поступает непосредственно в камеры сгорания двигателя.

Двигатель, в котором используется единая система, запускается традиционным способом при помощи стартера. В процессе раскрутки двигателя растут обороты коленчатого вала. Увеличиваются и обороты компрессора (вентилятора), что приводит к повышению расхода и давления воздуха, поступающего в воздушно-топливный насос-распылитель. По достижении

рабочего давления и необходимого расхода воздуха перед насосом-распылителем стартер отключается. До момента достижения рабочих параметров (расхода и давления) перед насосом-распылителем происходит вентиляция камер сгорания двигателя воздухом.

Во время работы двигателя количество всасываемого из расходного бака топлива регулируется изменением расхода и давления воздуха на насос-распылитель. Переход работы двигателя с одного режима работы на другой производится изменением параметров рабочего воздуха перед насосом-распылителем.

Остановка двигателя осуществляется путем стравливания воздуха перед насосом-распылителем. В этом случае количество всасываемого из топливного бака топлива сначала снижается, а затем при падении параметров воздуха перед насосом-распылителем ниже рабочих значений вообще прекращается, и двигатель останавливается. В процессе снижения давления воздуха перед насосом-распылителем до нуля происходит вентиляция камер сгорания двигателя.

Авторами разработана схема, выбран состав элементов и рассчитаны технические показатели единой системы с самовсасывающим воздушно-топливным насосом-распылителем для двигателя внутреннего сгорания, определены оптимальные соотношения воздуха и топлива на различных режимах работы двигателя, выявлено необходимое давление воздуха для



Рисунок 3. Натурные испытания самовсасывающего воздушно-топливного насоса-распылителя на воде
Источник: архив авторов

Таблица 1.

Сравнение показателей работы традиционно используемой в ДВС топливной системы и созданной единой воздушно-топливной системы

Источник: составлено авторами

Показатель	Бензиновый двигатель		Дизельный двигатель		Газодизель	
	с традиционной топливной системой	с единой воздушно-топливной системой	с традиционной топливной системой	с единой воздушно-топливной системой	с традиционной топливной системой	с единой воздушно-топливной системой
Используемое топливо	Только виды топлива, указанные заводом-изготовителем	Любые виды жидкого топлива, нефть, нефтяные и топливные отходы, дистилляты и некондиционные горючие	Только виды топлива, указанные заводом-изготовителем	Любые виды жидкого топлива, нефть, нефтяные и топливные отходы, дистилляты и некондиционные горючие	Только виды газообразных топлив, указанные заводом-изготовителем	Любые виды газообразного топлива, в том числе и некондиционные горючие газы
Допустимое количество воды в топливе	Вода отсутствует согласно ГОСТу	до 7%	Следы воды согласно ГОСТу	до 10%	Вода отсутствует согласно ГОСТу	до 5%
Тонкость распыла	Не менее 20 мкм	5–10 мкм	Не менее 20 мкм	5–10 мкм	Не менее 10 мкм	5–10 мкм
Состояние топлива в смеси	В виде молекул различного строения	В виде осколков, свободных радикалов	В виде молекул различного строения	В виде осколков, свободных радикалов	В виде молекул различного строения	В виде осколков, свободных радикалов
Схема подачи топлива и воздуха в цилиндры двигателя	Раздельная (в виде отдельных компонентов)	Совместная (в виде горючей смеси)	Раздельная (в виде отдельных компонентов)	Совместная (в виде горючей смеси)	Раздельная (в виде отдельных компонентов)	Совместная (в виде горючей смеси)
Основной (первичный) компонент для приготовления горючей смеси и для повышения мощности ДВС	Бензин	Воздух	Дизельное топливо	Воздух	Газообразное топливо	Воздух
Уровень подготовки топлива к сжиганию	Минимальный	Максимальный	Минимальный	Максимальный	Минимальный	Максимальный
Приготовление горючей смеси	В цилиндре (внутреннее)	До цилиндра (внешнее)	В цилиндре (внутреннее)	До цилиндра (внешнее)	В цилиндре (внутреннее)	До цилиндра (внешнее)
Вид горючей смеси	Топливовоздушная	Воздушно-топливная	Топливовоздушная	Воздушно-топливная	Топливовоздушная	Воздушно-топливная
Значение коэффициента избытка воздуха (α)	На атмосферном ДВС не менее 0,85–1,15; на турбодвигателе не менее 40–50	1,1	На атмосферном ДВС не менее 1,3–5,0; на турбодвигателе не менее 40–50	1,1	1,15–1,2	1,1
Смешение топлива и воздуха	Неравномерное	Равномерное	Неравномерное	Равномерное	Неравномерное	Равномерное
Химический недожег смеси	Наблюдается	Отсутствует	Наблюдается	Отсутствует	Наблюдается	Отсутствует
Механический недожег смеси	Наблюдается	Отсутствует	Наблюдается	Отсутствует	Наблюдается	Отсутствует
Наличие излишков воздуха	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет
Перерасход топлива на нагрев излишков воздуха	На атмосферном ДВС 6,0% и более, на турбодвигателе не менее 15%	Отсутствует	На атмосферном ДВС 6,0% и более, на турбодвигателе не менее 15%	Отсутствует	2,0–3,0%	Отсутствует
Экономия топлива	Отсутствует	6,0–15%	Отсутствует	6,0–15%	Отсутствует	2,0–3,0%
Повышение экологической чистоты	0%	6,0–15%	0%	6,0–15%	0%	2,0–3,0%

приготовления воздушно-топливной горючей смеси оптимального состава.

После расчета системы и ее элементов проведены натурные испытания (рис. 3) предлагаемой технологии, в которых в качестве рабочей среды использовался сжатый воздух, а подсысываемой средой служила вода. Результаты этих испытаний подтвердили практическую реализуемость, работоспособность предлагаемой технологии и правильность расчетов новой воздушно-топливной системы.

В 2007 г. единая система прошла испытания на стенде (рис. 4) и показала снижение расхода топлива на 15%, затем прошла опытную эксплуатацию на топливосжигающей установке одного из предприятий Якутии, а с 2008 г. по настоящее время единая система находится в эксплуатации на указанном объекте.

Необходимо отметить, что единая система с принципом регулирования мощности расходом воздуха после доработки некоторых элементов может быть использована практически на всех существующих сегодня топливосжигающих установках.

Сравнение показателей традиционно используемой в ДВС топливной и созданной единой воздушно-топливной систем представлено в табл. 1.

Мысли вслух

Результаты работы авторов по устранению «лишнего» топлива (то есть приближению фактического расхода топлива двигателями внутреннего сгорания к теоретическому расходу) убедительно показывают, что решение этого вопроса вполне реально, а значит, работы выполнимы. Почему же авторитетные автопроизводители, обладая большими возможностями, не решают эту проблему? По нашему мнению, основной причиной создавшегося положения являются старое мышление, технические стереотипы, шаблоны и догмы, мешающие работе. Реальное снижение количества «лишнего» топлива, поданного в двигателях (а значит, и повышение экологической чистоты автомобилей), возможно только при условии замены отживших свой век технологий новыми. Вместо этого некоторые всемирно известные и авторитетные автомобильные концерны, в том числе Volvo (Швеция), Citroën (Франция), Cummins (США) и другие отказались от производства автомобилей с жидко-топлив-



...единая система с принципом регулирования мощности расходом воздуха после доработки некоторых элементов может быть использована практически на всех существующих сегодня топливосжигающих установках.

ными двигателями в пользу выпуска электромобилей и «гибридов». Необходимо отметить, что у выбранных типов транспортных средств (электромобилей и «гибридов») есть свои недоработки, поэтому без их всестороннего комплексного изучения можно получить обратный эффект и создать новые, более серьезные экологические проблемы.

Выводы

Доминирование выбрасываемых в атмосферу вредных газов от работающих жидко-топливных двигателей автомобилей в общем газовом загрязнении природной среды является существенным препятствием широкого использования автотранспорта в разных транспортных цепях поставок. Именно поэтому приоритетной задачей специалистов в новом веке станет задача повышения экологической чистоты автомобилей, одним из направлений которого является, например, переход работы автомобильных двигателей внутреннего сгорания на сжигание воздушно-топливной горючей смеси. По опыту авторов замена топливоздушной смеси, применяемой сегодня, на воздушно-топливную смесь позволит снизить загрязнение атмосферы автотранспортом минимум на 15%.

Автомобили с жидко-топливными двигателями внутреннего сгорания еще рано отправлять на пенсию, поскольку на сегодняшний день в транспортной логистической цепи им нет полноценной замены. Мы убеждены, что у этих автомобилей есть резервы по дальнейшему усовершенствованию и после максимально-возможного снижения воздействия причин, ограничивающих их широкое использование в цепи перевозок.

Безусловно, поиск и внедрение новых технологий довольно затратное и трудоемкое дело, однако без этого нет дальнейшего научно-технического развития современной логистики.



Рисунок 4. Практические испытания единой воздушно-топливной системы V-образного ДВС на стенде

Источник: архив авторов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. Стоит ли отказываться от бензиновых и дизельных двигателей // Газета «Энергетика и промышленность России». – 2016. – № 07 (291). – С. 18; № 08 (292). – С. 16–17.
2. Дубровин И.Р., Дубровин Е.Р. Как приблизить реальный расход топлива на двигатель к теоретическому значению // Газета «Энергетика и промышленность России». – 2016. – № 13–14 (297–298). – С. 50–51.
3. Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. Смогут ли электромобили и «гибриды» стать полноценной заменой автомобиля с ДВС? // Газета «Энергетика и промышленность России». – 2017. – № 17 (325). – С. 36–37.
4. Дубровин И.Р., Дубровин Е.Р. Прощай, форсунка! // Газета «Энергетика и промышленность России». – 2009. – № 22 (138). – С. 58–59.
5. Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. Снизить загрязнение атмосферы поможет... воздух // Газета «Энергетика и промышленность России». – 2009. – № 10 (126). – С. 42–43.