

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

**А. Е. Ломовских, А. А. Свиридов,  
Ю. В. Родионов, С. И. Данилин, А. О. Сухова**

*ФГКВОУ ВО «ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия; ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Тамбовская обл., Мичуринск, Россия*

**Ключевые слова:** автомобильная техника; альтернативное топливо; водно-топливная эмульсия; двигатель внутреннего сгорания; экологичность.

**Аннотация:** Дано описание проблемы повышения экологичности и экономичности автомобильной техники на основе использования гибридных установок, применения альтернативных видов топлива, к которым относятся различные горючие газы, топливо на основе водорода, электроэнергия, водно-топливные эмульсии. Рассмотрены основные достоинства и недостатки применения каждого из перечисленных топлив. Выявлены наилучшие показатели работы двигателя при добавке к топливу 20 % воды, что снижает расход топлива до 18 %, количество вредных выбросов – угарного газа от двигателей внутреннего сгорания до 33 %, углеводов до 10 %.

### Введение

В настоящее время более 60 % автомобильной техники (АТ), используемой на автотранспортных предприятиях, имеет срок эксплуатации свыше десяти лет. Эксплуатация техники экономически невыгодна, так как сопровождается повышенным расходом топлива, что приводит соответствен-

---

Ломовских Александр Егорович – кандидат технических наук, доцент 21 кафедры «Автомобильная подготовка»; Свиридов Алексей Алексеевич – кандидат педагогических наук, старший преподаватель 21 кафедры «Автомобильная подготовка», ФГКВОУ ВО «ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия; Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры «Механика и инженерная графика», ТамбГТУ, Тамбов, Россия; Данилин Сергей Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства», МичГАУ, Тамбовская обл., Мичуринск, Россия; Сухова Анна Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», e-mail: apil1@yandex.ru, ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

но к увеличению выбросов в атмосферу токсичных веществ, содержащихся в отработанных газах (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [1, 2].

Основную часть АТ составляют автомобили с бензиновыми ДВС, у которых по сравнению с дизельными существенно выше расход топлива (в 1,5–2 раза) и количество токсичных веществ (в 3 раза), образующихся при работе двигателя.

### Материалы и методы

На сегодняшний момент современное автомобилестроение пошло по нескольким направлениям решения данной проблемы.

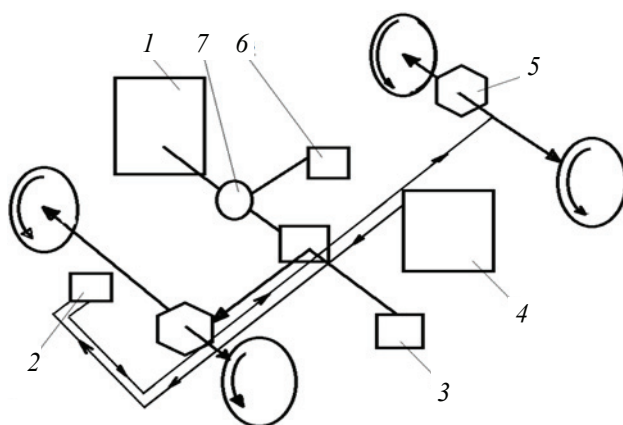
*Первое* – внедрение гибридных силовых установок на АТ (рис. 1).

*Второе* – использование для ДВС альтернативных видов топлив, к которым относятся различные горючие газы [3], топливо на основе водорода и электроэнергия.

Применение газобаллонного оборудования (ГБО) (рис. 2), а также водородного топлива на АТ на сегодняшний момент не нашло повсеместного применения, так как такое топливо обладает взрыво- и пожароопасными свойствами по сравнению с обычным моторным топливом. Установка такого оборудования с экономической точки зрения невыгодна, если годовой пробег автомобиля составляет менее 20 000 км, стоит дорого и срок окупаемости составляет более 5 лет.

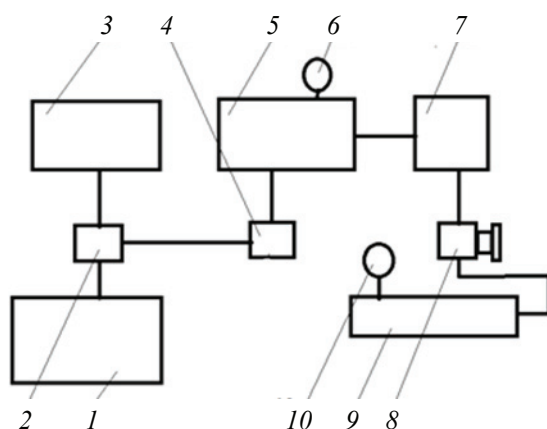
В последнее время использование электрической энергии для привода АТ все чаще находит применение. Однако для нашей страны, особенно для регионов с холодным климатом, применение электромобилей не актуально, в связи с тем что аккумуляторные батареи, установленные на электромобилях, саморазряжаются в таких условиях, а их замена обходится владельцам очень дорого [4].

*Третье* направление – частичная замена (до 80 %) основного моторного топлива различными компонентами – спиртом (биоэтанол), водой – водно-топливные эмульсии (ВТЭ) и др. Самым дешевым и целесообразным



**Рис. 1. Гибридная силовая установка для АТ:**

1 – бензиновый двигатель; 2 – электронный блок; 3 – электродвигатель для привода передних колес; 4 – АКБ; 5 – электродвигатель для привода задних колес; 6 – генератор; 7 – гибридная трансмиссия



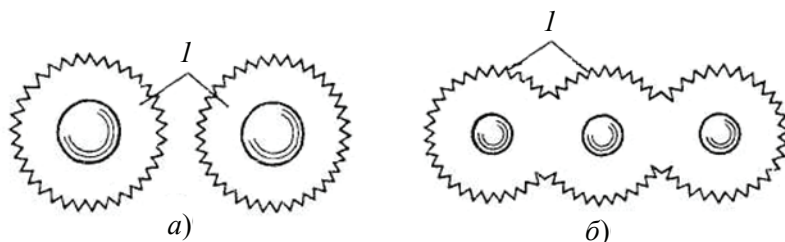
**Рис. 2. Схема размещения газобаллонного оборудования на АТ:**

1 – ДВС; 2 – карбюратор; 3 – бак для бензина; 4 – смеситель газа; 5 – газовый редуктор; 6 – манометр редуктора; 7 – испаритель сжиженного газа; 8 – магистральный вентиль; 9 – баллон для сжиженного газа; 10 – манометр баллонов

с экономической точки зрения является применение ВТЭ в качестве топлива для ДВС АТ. Применение ВТЭ способствует повышению качества углеводородного топлива, улучшению эксплуатационно-технических характеристик ДВС и, как следствие, продлению ресурса ДВС за счет уменьшения нагарообразования в камере сгорания [5, 6].

В соответствии с содержанием работы [7] существенно улучшить характеристики ДВС представляется возможным, используя «обратную» ВТЭ, где вода в виде мельчайших капель распределена в топливе, а содержание воды в эмульсии соответствует не более 20 % к объему топлива.

Вода, попадая в камеру сгорания двигателя при температуре выше 1000 °С, превращается в пар, который, хаотично двигаясь, способствует равномерному распределению рабочей смеси по всему объему цилиндра. Капли ВТЭ, имеющие меньший размер (менее 50 мкм), чем капли обычного топлива, в камере сгорания двигателя будут распределены более равномерно (рис. 3), вследствие чего сокращается расстояние между поверхностью капли и окружающей ее зоной пламени. При таких малых расстояниях между каплями (рис. 3, б), меньших ширины зоны ламинарного фронта пламени, сферы диффузного пламени, окружающие капли, сливаются, образуя общий фронт пламени, в котором условия теплопередачи и диффузии значительно возрастают.

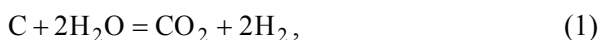


**Рис. 3. Схема горения группы капель:**

а – крупных (бензин АИ-80); б – мелких (ВТЭ); I – зона пламени капли

Однако в условиях камеры сгорания при совершении такта «рабочий ход», наряду с физическим воздействием, протекает химическая реакция между парами воды и углеводородного топлива при высоких температурах.

В результате реакции конверсии топлива с водяным паром образуется окись углерода и водород. Когда коэффициент избытка воздуха  $\alpha > 1$  (смесь бедная), реакция идет по уравнению



когда коэффициент избытка воздуха  $\alpha < 1$  (смесь богатая) – соответствует уравнению



Затраченное на процесс тепло частично компенсируется при горении образовавшегося  $H_2$ . Поэтому при добавке к топливу до 20 % воды не происходит существенного снижения мощности ДВС.

Следует отметить, что при нормальной эксплуатации АТ с относительной влажностью окружающего воздуха 40...60 % в камеру сгорания двигателя поступает 0,1...0,2 кг водяных паров, поэтому добавка около 0,2 кг воды в виде ВТЭ не может существенно изменить ход химических реакций, проходящих при сгорании углеводородного топлива. Данный факт может выступать и в качестве доказательства того, что добавление небольшого количества воды в виде ВТЭ, в которой капля воды покрыта снаружи пленкой топлива, не может оказать существенного влияния и на процессы активизации коррозии металлов, из которых сделаны детали кривошипно-шатунного механизма ДВС и системы выпуска ОГ.

Таким образом, необходимо разработать устройство, которое позволит получать микрогетерогенную ВТЭ необходимого состава и качества на основе жидкого углеводородного топлива и воды без добавления дорогостоящих эмульгаторов и подавать приготовленную эмульсию в основную систему питания двигателя.

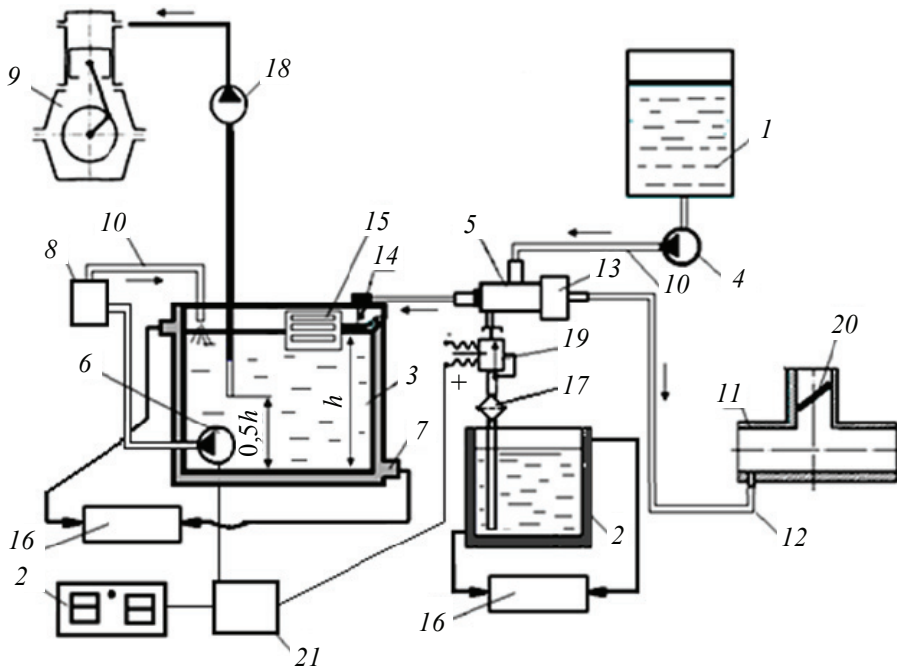
С учетом описанных допущений разработана система для приготовления и подачи микрогетерогенной ВТЭ в ДВС, которая представляет собой совокупность элементов, позволяющих получить такую ВТЭ на борту транспортного средства без применения дорогостоящих эмульгаторов. Процесс приготовления ВТЭ представляет собой прямое перемешивание топлива с водой в два этапа [8, 9].

Схема размещения основных элементов системы для приготовления и подачи ВТЭ в ДВС показана на рис. 4. Все устройства располагаются в подкапотном пространстве автомобиля и соединяются между собой гибкими топливными шлангами. Все элементы устанавливаются параллельно штатной системе, существенно не изменяя конструкцию последней.

Проверка разработанной системы осуществлялась посредством стендовых и ходовых испытаний в соответствии с разработанной программой по проведению экспериментальных исследований, которые включали:

а) стендовые испытания бензинового ДВС на нагрузочном стенде с замером расхода топлива, содержания СО и СН в ОГ;

б) ходовые испытания на автомобиле ЗИЛ-131.



**Рис. 3. Схема размещения основных элементов системы:**

1 – бак; 2 – водяной бак; 3 – смешивательная емкость; 4 – насос; 5 – дозирующее устройство; 6 – топливный насос; 7 – рубашка охлаждения; 8 – РПА; 9 – ДВС; 10 – шланг; 11 – впускной коллектор; 12 – вакуумная трубка; 13 – вакуумная камера; 14 – запорная игла; 15 – поплавок; 16 – система охлаждения; 17 – фильтр; 18 – штатный топливный насос; 19 – клапан

Стендовые и ходовые испытания проводились на бензине АИ-80 и ВТЭ, где дисперсная среда – бензин марки АИ-80 по ГОСТ 2084–77, дисперсная фаза – дистиллированная вода по ГОСТ Р 58144–2018. Содержание дистиллированной воды изменялось от 5 до 20 % по отношению к объему топлива.

Основные результаты испытаний ДВС на ВТЭ представлены в табл. 1.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что эксплуатационно-технические характеристики ДВС улучшаются при эксплуатации двигателя на ВТЭ по сравнению с его работой на обычном топливе.

Приведем зависимости влияния процентного содержания воды (от 5 до 40 %) в ВТЭ на изменение количества вредных веществ, содержащихся в ОГ ДВС (рис. 5). Очевидно, что с увеличением процентного содержания воды в ВТЭ процесс сгорания протекает с меньшим выбросом токсичного СО на 28,5 %, СН – на 11 %, когда процент воды в ВТЭ составляет 10 %. Следует отметить, что работа ДВС на ВТЭ с содержанием воды более 20 % нецелесообразна, так как происходит существенное снижение оборотов ДВС и соответственно его мощности. В связи с этим принимаем максимальное содержание воды в ВТЭ не более 20 %.

Затем строим графическую зависимость  $n = f(V_B)$ , которая показана на рис. 6, где  $n$  – обороты коленчатого вала двигателя на холостом ходе, об/мин;  $V_B$  – процентное содержание воды в ВТЭ к объему топлива.

Таблица 1

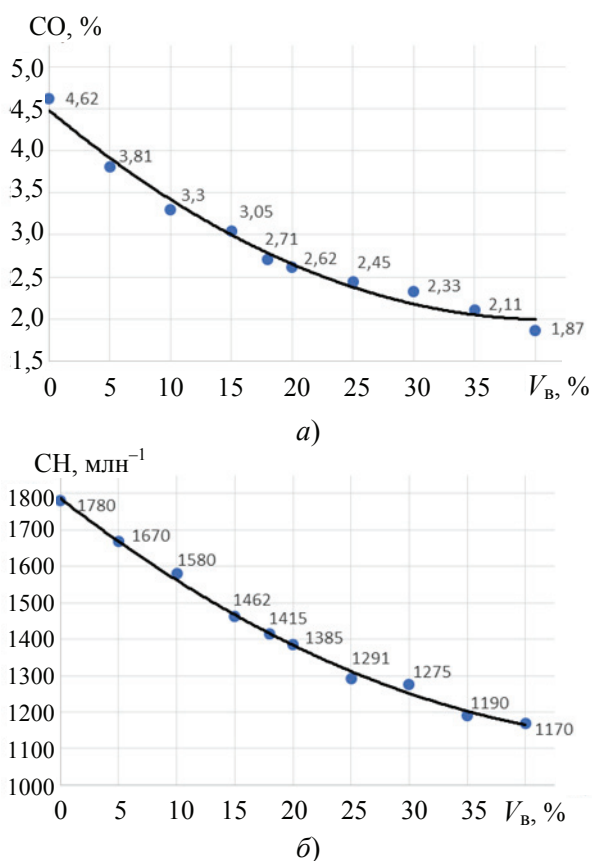
**Результаты проведенных испытаний ДВС на АИ-80 и ВТЭ  
с различным содержанием дистиллированной воды**

Показатель	Бензин АИ-80	ВТЭ, содержание воды, %			
		5	10	15	20
<i>1. Режим холостого хода <math>n = 680</math> об/мин</i>					
Часовой расход, кг/ч	5,2	4,6	3,9	3,65	3,4
Экономия, %	–	9,5	15,3	18,3	18,8
Рабочая температура ДВС, °С	93	92,5	91	89,5	89
Содержание СО, %	4,62	3,81	3,3	3,05	2,71
Снижение СО	–	0,81	1,32	1,57	1,91
Содержание СН, млн <sup>-1</sup>	1780	1670	1580	1462	1415
Снижение СН	–	110	200	318	365
<i>2. Режим максимального крутящего момента <math>n = 2000</math> об/мин, <math>M_{кр} = 29</math> Н·м</i>					
Часовой расход, кг/ч	7,8	6,6	5,85	5,23	4,8
Экономия, %	–	10,3	14,9	17,8	18,4
Рабочая температура ДВС, °С	97	96,5	95	92	93
Содержание СО, %	2,58	2,2	1,83	1,69	1,52
Снижение СО	–	0,38	0,75	0,89	1,06
Содержание СН, млн <sup>-1</sup>	1047	982	982	860	832
Снижение СН	–	64,5	118	187	215

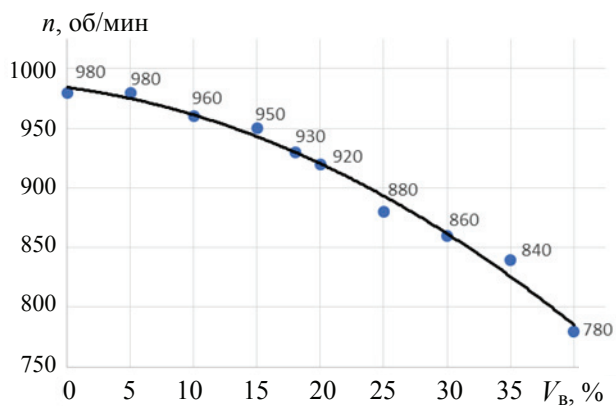
При эксплуатации ДВС на ВТЭ необходимо произвести регулировку карбюратора и выставить минимальные обороты вращения коленчатого вала ДВС на холостом ходу, а также оптимальный угол опережения зажигания, который установлен экспериментально и соответствует 4°.

Ходовые (эксплуатационные) испытания проведены на автомобиле ЗИЛ-131, где смонтированы элементы системы (см. рис. 3). Данные испытания выполнены при движении автомобиля с одинаковыми скоростями и при одинаковых дорожных и погодных условиях, а также при учете параметров ДВС и расхода воды.

Таким образом, при увеличении скорости автомобиля ЗИЛ-131 до 80 км/ч расход ВТЭ на основе бензина АИ-80 и дистиллированной воды уменьшается по сравнению с расходом на такой же скорости на обычном бензине. В данном эксперименте при работе системы подачи и приготовления ВТЭ в ДВС установлено, что с увеличением числа оборотов ДВС автоматически происходит увеличение подачи дистиллированной воды при помощи дозатора 5 (см. рис. 3).



**Рис. 5.** Графики зависимостей содержания угарного газа (СО) (а) и количества углеводородов (СН) (б), находящихся в ОГ от процентного содержания воды в ВГЭ ( $n = 680$  об/мин)



**Рис. 6.** Зависимость  $n = f(V_B)$

Расход дистиллированной воды: при  $n = 1200$  об/мин составил 3,30 л/100 км;  $n = 2100$  об/мин – 6,91 л/100 км.

Ходовые испытания автомобиля ЗИЛ-131 проходили при одинаковых условиях движения и его массе. Соответственно подбор и регулировка дозатора подачи воды выполнена правильно.

Выявлено, что процесс сгорания ВТЭ улучшен, в связи с чем получена экономия топлива (бензина АИ-80). Себестоимость получения ВТЭ не высока, поэтому данная эмульсия может применяться на любых ДВС с карбюраторной и дизельной системами питания. Система для приготовления и подачи ВТЭ в ДВС устанавливается под капотом автомобиля параллельно штатной системе питания транспортного средства.

Проведенные исследования показали, что наилучшие показатели работы двигателя возможны при добавке к топливу 20 % воды, что снижает расход топлива до 18 %, количество вредных выбросов от ДВС – угарного газа до 33 %, углеводородов до 10 %.

Таблица 2

**Результаты ходовых испытаний на автомобиле ЗИЛ-131**

Топливо	Скорость, км/ч	Обороты ДВС, об/мин	Расход топлива, л/100 км	Расход воды $G_{в}$ , л/100 км	Экономия $\Delta_t$ , %	Замер CO, %, режим холостого хода, $n = 680$ об/мин
Бензин АИ-80	50	1200	42,7	–	–	4,6
	60	1400	45,1			
	70	1700	47,8			
	80	2100	49,8			
ВТЭ	50	1200	39,2	3,3	15,9	3,2
	60	1400	42,2	4,4	16,1	
	70	1700	45,2	5,5	17,0	
	80	2100	47,4	6,7	18,3	

Таблица 3

**Результаты исследований бензина АИ-80 и ВТЭ**

Показатель	Норма по НД	Результат	
		ВТЭ	АИ-80
Детонационная стойкость: октановое число по моторному методу	76,0	75,7	74,2
Фракционный состав:			
температура начала перегонки, °С	не ниже 35	39	41
10 % бензина перегоняется при температуре, °С	не выше 70	55	65
50 % бензина перегоняется при температуре, °С	не выше 115	90	117
90 % бензина перегоняется при температуре, °С	не выше 180	152	172
Окончание кипения бензина, °С	не выше 195	191	197
Остаток в колбе, %	не более 1,5	1,2	1,4
Остаток и потери, %	не более 4,0	3,0	3,5
Плотность (при 20 °С)	–	718,2	714,6

Примечание: НД – нормативная документация.

Для оценки эксплуатационных характеристик топлива, полученного при внедрении системы для приготовления и подачи ВТЭ на дизельном и бензиновом транспортном средстве, отобран образец ВТЭ из смешительной емкости 3 (см. рис. 3) после эксплуатации автомобиля в течение 20 минут. Образец ВТЭ в объеме 0,5 л содержал 10,5 % воды по отношению к объему бензина А-80.

Исследования образцов (бензина АИ-80 и ВТЭ) проведены в испытательной лаборатории ООО «Тамбов-Терминал», результаты представлены в табл. 2, 3.

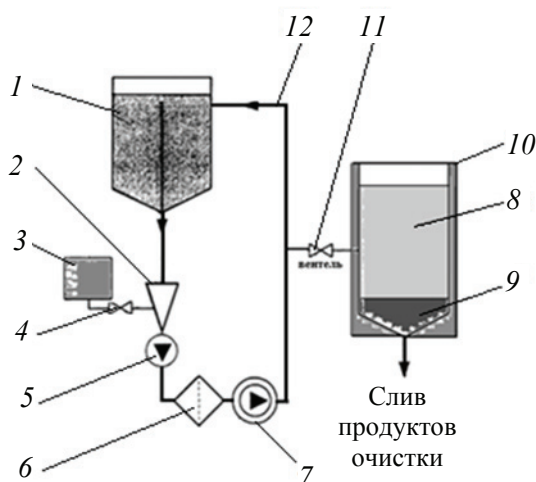
По результатам испытаний очевидно, что повысилась детонационная стойкость образца на 1,5 единицы. Полученные результаты лабораторных исследований подтверждают эффективность от использования ВТЭ в качестве топлива для ДВС АТ.

### Результаты и их обсуждение

Таким образом в качестве альтернативного топлива для ДВС АТ возможно использовать ВТЭ, применение которой не требует больших материальных затрат и является наиболее эффективным способом по сравнению с вышеперечисленными.

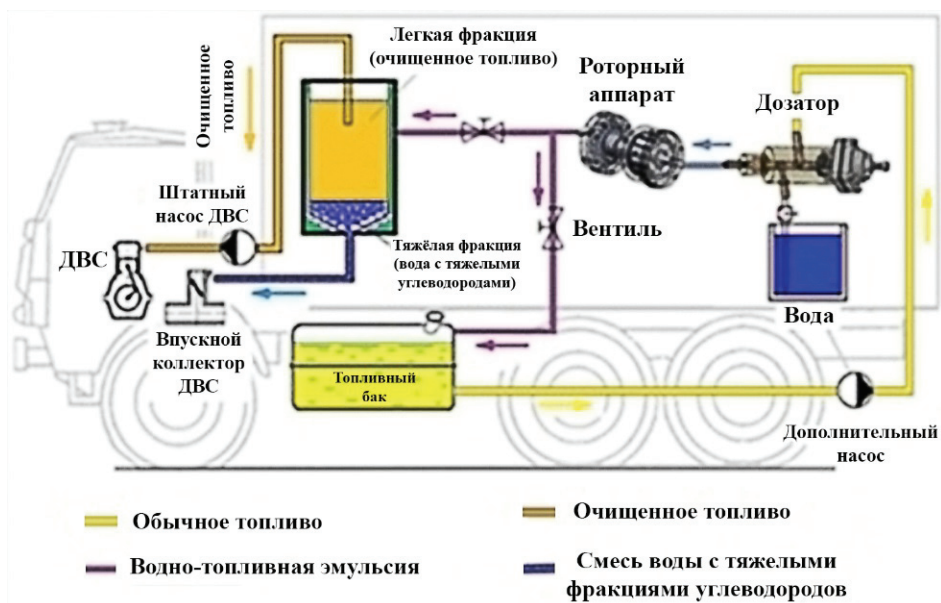
Также возможно приготавливать ВТЭ на стационарной установке, основные элементы которой представлены на рис. 7.

Недостаток рассматриваемой установки – утилизация продуктов очистки (тяжелой фракции, содержащей воду и тяжелые углеводороды) происходит путем слива данных продуктов в канализацию. Поэтому желательно другое решение данной проблемы за счет повышения качества основного топлива, залитого в топливные баки непосредственно на самом



**Рис. 7. Принципиальная схема стационарной установки для приготовления ВТЭ для ДВС АТ:**

- 1 – емкость для топлива; 2 – дозатор-смеситель; 3 – емкость с водой; 4, 11 – вентиль;  
 5 – насос; 6 – фильтр; 7 – роторно-перемешивающий аппарат; 8 – легкая фракция (очищенное топливо); 9 – тяжелая фракция (вода с тяжелыми фракциями углеводородов);  
 10 – бак-отстойник; 12 – трубопроводы



**Рис. 8. Внешний вид размещения элементов устройства непосредственно на транспортном средстве**

автомобиле. Техническое решение представляет собой очистку стандартного топлива, залитого в бак, за счет перемешивания его с водой, которая соединяется с тяжелыми фракциями и выпадает в осадок (рис. 8). Следует отметить, что разделение полученной смеси осуществляется на две фракции (легкую – улучшенное моторное топливо, тяжелую – избыточную воду с тяжелыми фракциями углеводородов). Данная эмульсия накапливается на дне емкости и подается по отдельному шлангу, минуя системы питания ДВС, во впускной коллектор, а затем сжигается в камере сгорания.

Таким образом, осуществляется забор из бака-отстойника (см. рис. 8) штатным топливным насосом ДВС с уровня  $0,85h$  при  $t_{дв} \leq 70^\circ\text{C}$ , где  $h$  – высота уровня топлива от дна бака-отстойника;  $t_{дв}$  – температура ДВС, при  $t_{дв} \geq 70^\circ\text{C}$  с уровня  $0,5h$  и со дна бака-отстойника во впускной коллектор двигателя.

Такая конструкция может быть установлена в системах питания как бензиновых, так и дизельных ДВС, и внедрена для продления срока службы топливной аппаратуры и ДВС в целом путем улучшения эксплуатационных свойств моторного топлива и повышения экономичности и экологичности ДВС [10].

### Заключение

Применение разработанного устройства позволяет повысить качество топлива, залитого в бак автомобиля, и тем самым повысить экономичность и экологичность ДВС. Также с помощью устройства (см. рис. 8) проводится сброс продуктов очистки в камеру сгорания ДВС, не образуя негативных последствий для деталей, контактирующих с горючими газами, то есть на них не образуется сажевых и смолянистых отложений. Добавка

воды улучшает процесс сгорания, что повышает экологические и экономические показатели двигателя.

Новизна разработанного устройства заключается в применении его непосредственно на АТ при осуществлении забора из бака-отстойника штатной топливной системой ДВС с уровня  $0,85h$  при  $t_{дв} \leq 70$  °С, при  $t_{дв} \geq 70$  °С с уровня  $0,5h$  и со дна бака-отстойника во впускной коллектор двигателя. Преимущество устройства заключается в его применении для любого вида топлива с последующим сбросом продуктов очистки в камеру сгорания двигателя, а также в значительном снижении себестоимости полученного очищенного топлива из-за улучшения его физико-химических свойств [10].

Применение данного устройства на автомобильной технике при добавке к топливу 20 % воды позволит получить снижение расхода топлива ДВС до 18 %, количество вредных выбросов от ДВС – угарного газа до 33 %, углеводородов до 10 %.

#### *Список литературы*

1. Кузьмин, В. М. Нетрадиционные направления развития техники будущего / В. М. Кузьмин. – М. : Патент, 2006. – 104 с.
2. Раменский, А. Ю. Применение водорода на городском автомобильном транспорте / А. Ю. Раменский, П. Б. Шелищ, С. И. Нефедкин // Альтернативные источники энергии для больших городов : материалы II Междунар. конф., Москва, 12–13 окт. 2006. – М., 2006. – С. 96 – 104.
3. Experimental Researches of the Machine-Tractor Fleet with the Yamz-238 Gasdiesel Engine / A. A. H. Al-Maidi, D. A. Chernetsov, Yu. V. Rodionov, A. E. Lomovskikh, N. V. Mikheev // Plant Archives. – 2020. – Vol. 20, No. S1. – P. 200 – 207.
4. Unique in Composition and Stability Water-Fuel Emulsion / A. V. Dunaev, A. A. H. Al-Maidi, Yu. V. Rodionov, A. E. Lomovskikh // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2020. – Vol. 12, No. S4. – P. 432 – 439. doi: 10.5373/JARDCS/V12SP4/20201507
5. Исследование влияния водно-топливной эмульсии на эксплуатационные показатели дизельного двигателя / С. В. Борисов, А. Е. Ломовских, А. В. Дунаев [и др.] // Технический сервис машин. – 2021. – № 2 (143). – С. 54 – 62. doi: 10.22314/2618-8287-2021-59-2-54-61
6. Пат. 2 390 649 РФ, МПК F02M 25/022, F02B 47/02, B01F 3/08. Система для приготовления и подачи водно-топливной эмульсии в двигатель внутреннего сгорания / Ломовских А. Е., Тетерюков В. Б., Воробьев Ю. В.; заявитель и патентообладатель Ломовских А. Е., Тетерюков В. Б., Воробьев Ю. В. – № 2007139864/06 ; заявл. 30.10.2007 ; опубл. 27.05.2010, Бюл. № 15. – 7 с.
7. Ложкин В. Н. Улучшение экологических показателей автомобильных дизелей путем применения водотопливных эмульсий / В. Н. Ложкин, Ю. А. Пименов, Р. Н. Сафиуллин, А. А. Акодес // Вопросы охраны атмосферы от загрязнения. Информ. бюл. № 2(32). СПб., 2005. – С. 67 – 76.
8. Method of Cleaning the Piston-Cylinder Engine Part of the Internal Combustion Engines of Agricultural Equipment / A. A. H. Al-Maidi, Yu. V. Rodionov, S. V. Borisov [et al.] // Test Engineering and Management. – 2020. – V. 82, Jan/Feb. – P. 3312 – 3320.

9. Пат. 2 498 094 Российская Федерация, МПК F02В 47/02, F02М 43/00, F02М 25/025. Способ обработки углеводородного топлива для ДВС // Ломовских А. Е., Иванов В. П., Борисов С. В., Капустин Д. Е., Сысоев И. П. ; заявитель и патенто-обладатель ФГБОУ ВПО «Военный авиационный инженерный университет» (г. Воронеж) МО РФ. – № 2011133257/06 ; заявл. 08.08.2011; опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31. – 6 с.

10. Ломовских, А. Е. Экспериментальные исследования по определению показателей впрыска водно-дизельной смеси / А. Е. Ломовских, А. С. Канищев, С. Н. Сазонов, Ю. В. Родионов, С. В. Борисов // Наука в Центральной России. – 2021. – № 2 (50). – С. 61 – 71. doi: 10.35887/2305-2538-2021-2-61-70

### References

1. Kuz'min, V.M. *Netraditsionnyye napravleniya razvitiya tekhniki budushchego* [Non-traditional directions of the development of technology of the future], Moscow: Patent, 2006, 104 p. (In Russ.).

2. Ramenskiy A.Yu., Shelishch P.B., Nefedkin S.I. [The use of hydrogen in urban road transport], *Alternativnyye istochniki energii dlya bol'shikh gorodov* [Alternative energy sources for large cities, Proceedings of the II International Conference], Moscow, October 12-13, 2006, Moscow, 2006, pp. 96-104. (In Russ., abstract in Eng.).

3. Al-Maidi A.A.H., Chernetsov D.A., Rodionov Yu.V., Lomovskikh A.E., Mikheev N.V. Experimental Researches of the Machine-Tractor Fleet with the Yamz-238 Gasdiesel Engine, *Plant Archives*, 2020, vol. 20, no. S1, pp. 200-207.

4. Dunaev A.V., Al-Maidi A.A.H., Rodionov Yu.V., Lomovskikh A.E. Unique in Composition and Stability Water-Fuel Emulsion, *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 2020, vol. 12, no. S4, pp. 432-439. doi: 10.5373/JARDCS/V12SP4/20201507

5. Borisov S.V., Lomovskikh A.Ye., Dunayev A.V., Prilepin O.Ye., Mamatkazin T.R. [Investigation of the effect of water-fuel emulsion on the performance of a diesel engine], *Tekhnicheskiiy servis mashin* [Technical service of machines], 2021, no. 2(143), pp. 54-62. doi: 10.22314/2618-8287-2021-59-2-54-61 (In Russ., abstract in Eng.)

6. Lomovskikh A.Ye., Teteryukov V.B., Vorob'yev Yu.V. *Sistema dlya prigotovleniya i podachi vodno-toplivnoy emul'sii v dvigatel' vnutrennego sgoraniya* [System for the preparation and supply of a water-fuel emulsion to an internal combustion engine], Russian Federation, 2010, Pat. 2390649 (In Russ.).

7. Lozhkin V.N., Pimenov Yu.A., Safiullin R.N., Akodes A.A. [Akodes Improving the environmental performance of automotive diesel engines by using water-fuel emulsions], *Voprosy okhrany atmosfery ot zagryazneniya. Inform. byul.* [Issues of protecting the atmosphere from pollution. Inform. bul.], no. 2(32), St. Petersburg, 2005, pp. 67-76. (In Russ.).

8. Al-Maidi A.A.H., Rodionov Yu.V., Borisov S.V., Nikitin D.V., Muromtsev D.Yu., Lomovskikh A.E. Method of Cleaning the Piston-Cylinder Engine Part of the Internal Combustion Engines of Agricultural Equipment, *Test Engineering and Management*, 2020, vol. 82, Jan/Feb, pp. 3312-3320.

9. Lomovskikh A.Ye., Ivanov V.P., Borisov S.V., Kapustin D.Ye., Sysoyev I.P. *Sposob obrabotki uglevododorodnogo topliva dlya DVS* [Method of processing hydrocarbon fuel for internal combustion engines], Russian Federation, 2013, Pat. 2498094 (In Russ.).

10. Lomovskikh A.Ye., Kanishchev A.S., Sazonov S.N., Rodionov Yu.V., Borisov S.V. [Experimental studies to determine the performance of the injection of a water-diesel mixture], *Nauka v Tsentral'noy Rossii* [Science in Central Russia], 2021, no. 2(50), pp. 61-71. doi: 10.35887/2305-2538-2021-2-61-70 (In Russ., abstract in Eng.)

## Improving the Environmental Friendliness and Efficiency of Automotive Equipment

A. E. Lomovskikh, A. A. Sviridov,  
Yu. V. Rodionov, S. I. Danilin, A. O. Sukhova

*Military Educational and Scientific Center “Air Force Academy  
named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”,  
Voronezh, Russia;  
TSTU, Tambov, Russia;  
Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia*

**Keywords:** environmental friendliness; automotive equipment; internal combustion engine; water-fuel emulsion; alternative fuel.

**Abstract:** The article describes the problem of improving the environmental friendliness and efficiency of automotive equipment based on the use of hybrid installations, the use of alternative fuels, which include various combustible gases, hydrogen-based fuel, electricity, water-fuel emulsions. The main advantages and disadvantages of using each of these fuels are described, and it is shown that the best engine performance is possible with the addition of 20 % water to the fuel, which reduces fuel consumption by up to 18 %, the amount of harmful emissions from the internal combustion engine of carbon monoxide up to 33 %, hydrocarbons up to 10 %.

---

© А. Е. Ломовских, А. А. Свиридов,  
Ю. В. Родионов, С. И. Данилин, А. О. Сухова, 2023