

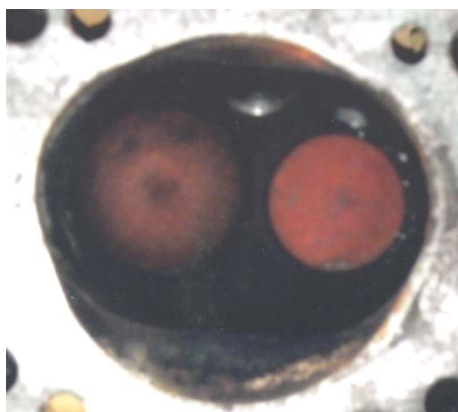
## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВАЗ-21110 ПРИ РАБОТЕ НА ТОПЛИВНО-ВОДНОЙ СМЕСИ

**Ключевые слова:** топливно-водная смесь; двигатель внутреннего сгорания; эксплуатационные испытания; присадки; отложения в камере сгорания.

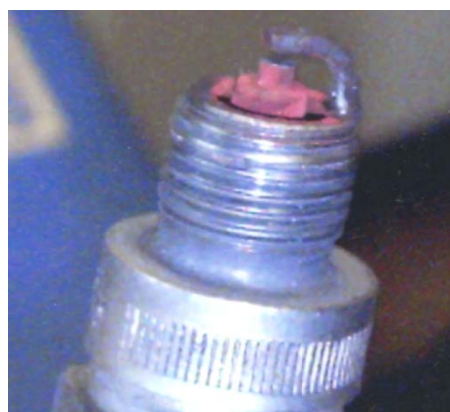
Для снижения себестоимости бензинов активно используется технология химизации топлив, при которой высокооктановое топливо получается из сравнительно дешевого низкокачественного бензина путем добавления высокооктановых компонентов или октаноповышающих присадок. Использование качественных присадок позволяет получить топливо, по своим характеристикам не уступающее крекинговому или риформинговому бензинам. Однако, химизированные высокооктановые топлива, полученные из низкооктановых прямогонных бензинов путем добавления присадок и занимающие значительное место на топливном рынке России, все-таки не могут соответствовать нормам Евро-4 и Евро-5. Число промышленных высокооктановых присадок различного типа и механизма действия велико и они должны обеспечивать и в основном обеспечивают качество топлива. Ни одна октаноповышающая (высокооктановая) добавка к бензину всем комплексом свойств не обладает.

До недавнего времени были распространены октаноповышающие металлосодержащие присадки на основе ферроцена

(«Ферро-3», МАФ, «Октан-Максимум»). Они обладают высокой эффективностью повышения октанового числа, отличаются низкой концентрацией и сравнительно невысокой стоимостью. Однако они же обладают повышенной зольностью и проблемой выносимости компонентов металлов из двигателя. Длительная эксплуатация бензинов с добавками ферроцена приводит к формированию токопроводящих отложений красного цвета (рисунок 1), приводящих к быстрому выходу из строя свечей зажигания, нарушению герметичности и перегреву клапанов, залеганию поршневых колец и т.д. В настоящее время добавки ферроцена в бензины значительно ограничены и заменены металлоорганическими марганцевыми соединениями (циклопентаденилтрикарбонил, метил ЦМТ) типа «Хайтек-3000». Эффективность их применения аналогична ферроцену и при этом несколько снижается проблема выносимости компонентов металлов из двигателя. В настоящее время также начинают применяться антидетонаторы на основе никеля и хрома.



*а*



*б*

Рисунок 1

Отложения в камере сгорания после работы двигателя на топливе, полученном из низкооктановых прямогонных бензинов путем добавления присадок: *а* – в камере сгорания; *б* – на свечах зажигания

Но проблема выносимости металлов из двигателя остаётся. Образующийся в камере сгорания нагар (масляный и топливный) приводит к уменьшению объема камеры сжатия, что существенно повышает степень сжатия в двигателе. Исследования показывают, что для двигателя ВАЗ-21110 со степенью сжатия 9,5 наличие на стенках камеры сгорания сажевой плёнки толщиной 0,5 мм увеличивает степень сжатия до 9,7. Рост степени сжатия для бензинового двигателя резко повышает возможность детонации, что требует изменения угла опережения зажигания в неблагоприятную для двигателя зону, гарантирующую рост расхода топлива, температуры отработавших газов и снижение мощности двигателя. Кроме того, рост степени сжатия повышает жёсткость работы двигателя, общую шумность автомобиля, нарушается тепловой баланс двигателя. Нагар, откладываемый на электроде свечи (сажистые «мостики», замыкающие контакты свечи зажигания), резко нарушает режим ее работы и приводит к «калильному зажиганию».

В совокупности все вышеперечисленные обстоятельства резко снижают надёжность работы двигателя в целом. Кроме того, к быстрому обрастанию камеры сгорания отложениями приводит и обработка двигателя некоторыми антифрикционными препаратами, особенно полимерной природы. Применение металлосодержащих октаноповышающих присадок приводит к снижению скорости сгорания в цилиндре двигателя, что вызывает потерю мощности двигателя, рост расхода топлива, увеличение токсичности отработавших газов. Но себестоимость бензинов, изготовленных с помощью химизации посредством добавления металлосодержащих октаноповышающих присадок, самая низкая, поэтому полностью отказаться от их использования пока не удается [1, 2].

Для решения проблемы выносимости компонентов металла из двигателя в условиях рядовой эксплуатации предлагается использовать топливно-водные смеси (ТВС). Использование воднотопливных эмульсий (ВТЭ) и впрыска воды не получило широкого распространения, прежде всего, в связи с такими проблемами как не-

стабильность ВТЭ, значительное усложнение системы питания двигателя, высокая стоимость эмульгатора и повышенное нагарообразование связанное с его применением, сложность применения в условиях отрицательных температур, невозможность оперативного изменения состава топливно-водной смеси в зависимости от режимов работы двигателя и др. Исследователями также отмечается, что широкое применение топливно-водных смесей в двигателях сдерживается недостаточной изученностью некоторых практических и теоретических аспектов, недостаточной разработкой и изученностью возможных способов применения воды как компонента топлива, отсутствием единых представлений о физико-химических механизмах воздействия воды на процесс горения в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) [3, 4, 5, 6]. Разработаны способ и устройство для получения и подачи ТВС в бензиновых двигателях защищенные патентом на изобретение [7].

Сущность предлагаемого способа [7] приготовления и подачи топливно-водной смеси заключается в том, что создаются два потока: поток чистого топлива в штатной топливной системе и поток воды. Оба потока поступают в смеситель статического типа, где смешиваются и в виде топливно-водной смеси подаются через форсунки впрыска топлива двигателя, причем вода добавляется к топливу непосредственно на входе в форсунку.

Предлагаемая система приготовления и подачи топливно-водной смеси представляет собой систему приготовления топливно-водной смеси, встроенную в систему топливоподачи двигателя с распределенным впрыском. Вместо насоса использовалась установка позволяющая осуществлять подачу воды под необходимым давлением и измерение объемного расхода воды. Предлагаемое устройство для приготовления топливно-водной смеси представляет собой смеситель статического типа, отличающийся тем, что канал подачи воды располагается внутри стандартной топливной рампы и имеет отверстия напротив каждой форсунки. Способ и устройство иллюстрируют рисунки 2-4.

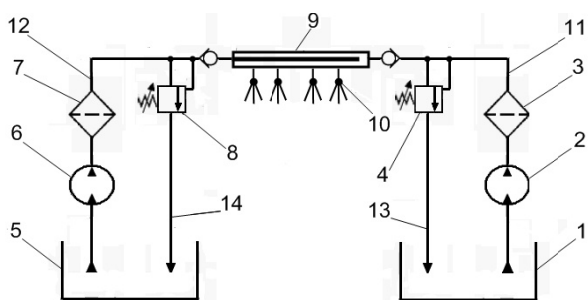


Рисунок 2

Система подачи воды во впускной трубопровод совместно с бензином в виде топливно-водной смеси

В систему топливоподачи (рисунок 2), включающую емкость 1 для чистого топлива, топливный насос 2, фильтр 3, регулятор 4 давления, обратный трубопровод 13, обратный клапан и форсунки 10 впрыска, расположенные на топливной рампе 9, дополнительно установлены емкость 5 для воды, насос 6, фильтр 7, регулятор 8 давления, обратный трубопровод 14, обратный клапан и канал подвода воды, расположенный внутри топливной рампы 9. Вакуумные камеры регуляторов соединены каналом с впускным трубопроводом.

Изменение давления воды и топлива может осуществляться и другим способом, например широтно-импульсным модулированием.

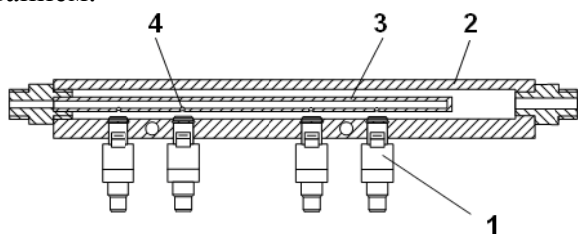


Рисунок 3

Схема устройства для приготовления и подачи топливно-водной смеси: 1 – форсунка; 2 – топливная рампа; 3 – канал подачи воды; 4 – отверстие

Предлагаемое устройство для приготовления и подачи топливно-водной смеси (рисунки 3, 4) представляет собой смеситель статического типа, который состоит из штатной топливной рампы 2, внутри которой установлена трубка 3, которая является каналом подачи воды и имеет отверстия 4 напротив каждой форсунки 1, установленной на рампе. На смесителе как со стороны топливоподающей ветви так и со стороны водоподающей ветви установлены обратные клапаны.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Поток чистого топлива подается насосом из емкости с топливом через топливный фильтр в топливную рампу 2 смесителя статического типа. Поток воды подается насосом из емкости через фильтр во внутреннюю трубку 3 смесителя. Давление в топливоподающей ветви 11 (рисунок 2) изменяется регулятором 4 в зависимости от режимов работы двигателя или поддерживается постоянным, а в водоподающей ветви 12 изменяется регулятором 8 в зависимости от режимов работы двигателя. На режимах работы двигателя на которых необходимо подавать воду, давление воды в трубке 3 (рисунок 3) превышает давление топлива в рампе 2 и за счет разности давлений вода из трубки 3 поступает через отверстия во всасывающую полость форсунки 1, механически смешивается с топливом, заполняющим топливную рампу 2, образуя топливно-водную смесь, которая через форсунки впрыскивается в поток воздуха, поступающий в цилиндры ДВС. На режимах когда подача воды не требуется, давление в водоподающей ветви снижается, срабатывает обратный клапан и в трубке 3 поддерживается давление, которое исключает попадание топлива из рампы 2 в трубку 3 и в водоподающую ветвь.

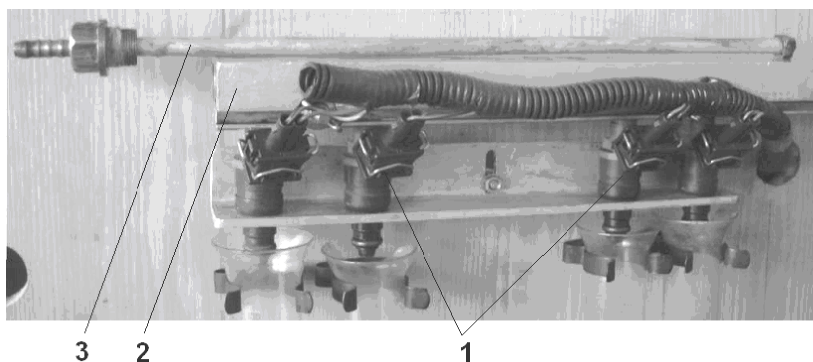


Рисунок 4

Внешний вид устройства для приготовления и подачи топливно-водной смеси: 1 – форсунка; 2 – топливная рампа; 3 – канал подачи воды



К преимуществам данного способа в сравнении с известными [7] относятся: точное дозирование топливно-водной смеси по цилиндрам двигателя; минимальные конструктивные изменения двигателя; минимальные затраты на переоборудование; отсутствие проблем, связанных с длительным хранением ВТЭ и использованием эмульгатора; возможность оперативного изменения состава топливно-водной смеси в зависимости от режима работы двигателя.

Проведены эксплуатационные испытания автомобиля ВАЗ-2111 с бензиновым двигателем, работающим при подаче топливно-водной смеси. Испытания проводились в условиях городского и загородного циклов движения автомобиля. Для проведения исследований на двигателе автомобиля ВАЗ-2111 был внедрен предложенный способ получения и подачи топливно-водной смеси. На рисунке 5 изображен внешний вид подкапотного пространства автомобиля с модернизированным двигателем.



Рисунок 5

Внешний вид подкапотного пространства автомобиля с модернизированным двигателем, работающим на топливно-водной смеси

В ходе испытаний проводилась оценка динамических качеств автомобиля при разгоне и движении, топливная экономичность



Рисунок 6

Внешний вид камеры сгорания со стороны блока цилиндров после работы двигателя на топливно-водной смеси

при различных скоростях движения, а также по завершении эксплуатационных испытаний проводилось исследование образования следов коррозии и нагара на поверхности деталей камеры сгорания.

Целью данных исследований являлось определение возможности увеличения коррозионных износов при работе двигателя на ТВС, а также проверка условий полного испарения ТВС в цилиндре. Для этого после проведения всех экспериментальных исследований по изучению влияния ТВС на показатели бензинового двигателя было проведено снятие головки блока цилиндров и исследование поверхности зеркала цилиндра на наличие следов коррозии. Снятие головки блока цилиндров производилось после 1000 часов с момента последней остановки двигателя при работе на ТВС. Исследование поверхности зеркала цилиндра на наличие следов коррозии определялось визуально.

На рисунках 6 и 7 представлен внешний вид камеры сгорания со стороны блока цилиндров после работы двигателя на ТВС.

На рисунке 8 показан общий вид зеркала цилиндра, на рисунке 9 – общий вид камеры сгорания со стороны головки блока после работы двигателя на ТВС.

На рисунке 10 показан общий вид свечей зажигания после работы двигателя на ТВС.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы. Следов коррозии на деталях ЦПГ в ходе визуального осмотра не обнаружено. Необходимо отметить также существенное уменьшение количества нагара и других отложений на поверхности деталей образующих камеру сгорания двигателя, а также на свечах зажигания. Нагар, который имеется на деталях очень рыхлый, легко удаляется механическим путем. Это подтверждают данные работы [5].

Рисунок 7  
Внешний вид камеры сгорания со стороны блока цилиндров после работы двигателя на топливно-водной смеси



Рисунок 9  
Общий вид камеры сгорания со стороны головки блока после работы двигателя на топливно-водной смеси

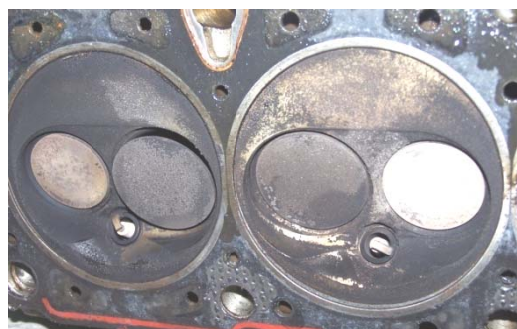


Рисунок 10  
Общий вид свечей зажигания после работы двигателя на ТВС

Таким образом, можно заключить, что использование ТВС с концентрацией воды 0...20% от расхода топлива не приводит к значительному коррозионному износу деталей ЦПГ, и более того, позволяет существенно очистить их от нагара и предотвратить его образование при дальнейшей эксплуатации.

Однако при эксплуатации бензиновых ДВС на ТВС рекомендуется для выработки воды из водяной трубки смесителя и предотвращения возможного образования коррозии деталей перед остановом двигателя работать на холостом ходу не менее 20 се-

кунд. Также в качестве мер защиты от коррозионного износа возможно применение металлокерамических покрытий деталей ЦПГ и деталей форсунок, работающих в контакте с ТВС и водой, а также использование в системе образования и подачи ТВС элементов из материалов, не подвергающихся коррозии.

Проведенный расчет подтверждает экономическую эффективность предлагаемых решений. Годовой экономический эффект на один автомобиль с модернизированной системой питания бензинового двигателя составил 3520 рублей.

### *Библиографический список*

1. Бирюков А.Л., Картошкин А.П. Анализ влияния управляемых факторов на топливно-энергетические и экологические показатели двигателя ВАЗ-2111 при работе на топливно-водной смеси // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета: ежеквартальный научный журнал. – 2010. – № 21. – С. 133-140.

2. Николаенко А.В., Картошкин А.П., Проскурин А.И. Количественные характеристики ухудшения работы тракторного дизеля при нагароотложениях в цилиндрах // Двигателестроение. – 1984. – № 6. – С. 10-14.

3. Бирюков А.Л., Коптяев В.А. Обоснование эффективности использования воды в качестве компонента топлива для современных бензиновых двигателей // Наука –

производству. Том 2. Инженерные науки: сб. науч. тр. ВГМХА. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2006. – С. 10-13.

4. Лиханов В.А., Сайкин А.М. Снижение токсичности автотракторных дизелей. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1994. – 224 с.

5. Папок К.К., Семенидо В.Г. Моторные топлива, масла и жидкости. Т. 1. Моторные топлива. – М.: ГНТИ, 1957. – 339 с.

6. Марков, В.А. Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах. – М.: Легион-Автодата, 2008. – 464 с.

7. Способ и устройство для получения и подачи топливно-водной смеси в ДВС: пат. 2382229 Рос. Федерация, №2007142073/06; заявл. 13.11.07; опубл. 20.02.10, Бюл. №5. 5 с.: ил.

### *Сведения об авторе*

**Бирюков Александр Леонидович**, старший преподаватель кафедры энергетических средств и технического сервиса, ФГОУ ВПО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина», 160555, Россия, г. Вологда, с. Молочное, ул. Емельянова, д. 1, тел.: 8(172) 52-51-33; e-mail: biryukov\_alex@mail.ru.

Рассмотрены проблемы выносимости компонентов металла топливных присадок из двигателя в условиях рядовой эксплуатации. Установлено, что улучшить экологические показатели работы бензинового двигателя без существенных изменений

системы питания возможно с использованием способа и устройства для приготовления и подачи топливно-водной смеси в двигатель. Проведены эксплуатационные испытания автомобильного двигателя при работе на топливно-водной смеси.

A. Biryukov

### **RESULTS OF PERFORMANCE TESTS OF AUTOMOBILE ENGINE VAZ-21110 AT WORK ON THE FUEL-WATER MIXTURES**

**Keywords:** *fuel-water mixture; internal combustion engine; performance tests; additives; deposits in the combustion chamber.*

### *Authors' personal details*

**Biryukov A.**, senior lecturer, department of power vehicles and technical services, Vologda State Dairy Farming Academy named N.V. Vereschagin, phone (8172) 52-51-33; e-mail: biryukov\_alex@mail.ru.

It was been consider problems possibility of metal components fuel additive from engine in external normal environment. It was been

ascertain what ecological result work of gasoline engine without major modifications of feed system would be better by us method and