

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ  
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ  
КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» X ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР  
ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE X INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

**Нұр-Сұлтан, 2022**

**УДК 656/621.31**  
**ББК 39/31**  
**А43**

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Мерзадинова Г.Т., Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Жакишев Б.А.– заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

**А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики:** пути их инновационного решения: X Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 17 марта 2022 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2022. – 597с.

**ISBN 978-601-337-661-5**

В сборник включены материалы X Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 17 марта 2022 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



© ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, 2022

### Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

1. Краткий автомобильный справочник НИИАТ. - М.: Транспорт, 2004.
2. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта: Федеральный закон: по состоянию на 1 июня 2008 г. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2008.
3. Правила по охране труда на автомобильном транспорте - М.: Транспорт, 2003г.
4. Борисова Н.Д. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Организация и управление пассажирских перевозок» для студентов очной и заочной форм обучения 3 курса спец. 190701 «Организация и управление на транспорте»: в 2 ч. / Н.Д. Борисова; ФГОУ СПО «Омский автотранспортный колледж». - Омск: ФГОУ СПО «ОАТК», 2009.
5. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования / И.В. Спирин. - М.; Академия, 2003.

УДК 268

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ НЕФТЯНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЯХ

**Баубек А.А., Айтхожина А.С.**

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан  
(E-mail: [baubek.as@mail.ru](mailto:baubek.as@mail.ru), [aiman.enu@yandex.kz](mailto:aiman.enu@yandex.kz))

Аннотация: Проведён анализ состояния проблем рационального использования энергоисточников нефтяного происхождения, который непосредственно связан с исчерпанием природных ресурсов при условиях их неэффективного использования и ухудшения качества окружающей среды (ОС). По данным Генерального секретаря ООН, за последние 30 лет ущерб, нанесенный техногенными катастрофами увеличился в три раза и достигает 200 млрд. долл. США в год. Применение водорода в качестве иницилирующей добавки к основному топливу приводит к улучшению индикаторных и эффективных показателей ДВС.

Ключевые слова: Двигатель внутреннего сгорания (ДВС), крекинг-газ, горение, водород, термокрекинг.

Транспорт является одним из ключевых элементов современной цивилизации. Его состояние и перспективы развития в огромной степени зависят от возможностей снабжения транспортных энергоустановок топливом. Истощение запасов жидких углеводородных топлив и проблемы загрязнения окружающей среды ставят человечество перед альтернативой -либо сократить транспортные перевозки, либо найти новые пути энергоснабжения транспорта.

Перспективы решения топливной проблемы транспорта, основной энергетической установкой которого является двигатель внутреннего сгорания, связаны с применением газовых топлив.

Из этого вытекает необходимость более интенсивных разработок в области конструирования и исследования газовых двигателей. Распространенные на данный момент подходы, связанные с конвертированием обычных двигателей жидкого топлива для работы на газах, не всегда позволяют в полной мере использовать потенциал газовых топлив. Наиболее эффективным подходом к решению этих проблем является комплексная оптимизация, состава рабочих смесей на различных режимах работы, при которых обеспечиваются наилучшие показатели по экономичности двигателя и токсичности отработавших газов.

Разработка, совершенствование и исследование двигателей, работающих на альтернативных топливах, связано с большими трудностями, определяемыми отсутствием эмпирического материала, обычно используемого при аналогичных работах в случае применения традиционных топлив. Эти трудности могут быть наиболее эффективно

преодолены с помощью методов математического моделирования. С учетом того, что замена топлива может кардинальным образом повлиять на все процессы, происходящие в двигателе, объективное прогнозирование перспектив применения новых видов топлива и необходимых для этого изменений конструктивных и регулировочных параметров требует, чтобы моделирование было комплексным и включало в связанную систему расчет всех основных явлений в двигателе. Особое внимание должно быть уделено процессам смесеобразования, сгорания и формирования токсичных составляющих отработавших газов.

Евросоюз включил атомную и газовую в зелёную энергетику. Поэтому есть необходимость переводить автомобили на газовое топливо. Цена природного газа в этом году в Европе повысилась до рекордных цен. Природный газ метан применяется в Европе в качестве энергетического топлива в промышленности. В автомобилях не применяется в связи сложностью его хранения под высоким давлением, порядка 150 атмосфер, что существенно утяжеляет конструкцию автомобиля и влияет на не его безопасность.

Перевод автомобилей на сжиженный газ также имеет свои трудности, такие как производство сжиженного газа и доставка на газгольдеры на места заправки.

Основными потребителями светлых нефтепродуктов (бензина) являются ДВС. Количество автомобилей в мире насчитывается порядка 1,3 млрд., которые наносят огромный ущерб окружающей среде. Перевод автомобилей на электротягу может затянуться на многие десятилетия, у которых также имеются проблемы с литиево-ионными аккумуляторами, как высокая стоимость, взрывоопасность.

Одним из перспективных направлений развития двигателестроения является применения добавок водорода к основному топливу без внесения в ДВС существенных изменений.

Добавка водорода не только способна заменить энергоресурс части бензина. Его действие более интересно – водород обладает высокой скоростью диффузии, из чего вытекает его способность образовывать однородную смесь в камере сгорания ДВС за очень короткий промежуток времени. Кроме того, весьма значимым остается тот факт, что низшая удельная теплота сгорания водорода примерно в 3 раза выше чем у бензина.

При горении водорода толщина зоны гашения (пристеночный слой, в котором не идут окислительные процессы) меньше примерно 5 раз, чем у углеводородных топлив. Это доказывает высокую эффективность воздействия водорода на кинетику сгорания смеси во всем объеме. Соответственно возрастает полнота сгорания основного топлива и уменьшается эмиссия токсичных веществ, что приводит к существенному снижению вредных выбросов остаточных углеводородов и сажи, а также окисей углерода и азота.

Данный подтверждается экспериментальными испытаниями, проведенными ОАО «Автоваз» совместно с Институтом катализа им.Г.К.Борескова на моторном стенде Тольяттинского государственного университета. Испытания проводились на двигателе ВАЗ-21102 с добавками чистого водорода в бензино-воздушную смесь. При этих испытаниях была доказана возможность снижения выбросов окислов азота и окиси углерода при отсутствии каталитического катализатора, повышение КПД двигателя уменьшение расхода топлива.

Успешное применение двигателей внутреннего сгорания, разработка опытных конструкций и повышение экологических и экономических показателей стали возможны в значительной мере благодаря исследованиям и разработке теории рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания. Теоретически определить влияние добавки водорода на индикаторные и эффективные показатели работы двигателя возможно посредством проведения теплового расчета параметров. Это позволит с достаточной степенью точности аналитическим путем определить параметры двигателя с заданной конфигурацией, и сравнить их с аналогичным двигателем, работающим с применением иницилирующей добавки. Для решения поставленных задач необходимо произвести расчеты действующего двигателя при его работе на основном моторном топливе, а затем проводить расчеты с учетом добавки водорода к моторному топливу, с учетом различных соотношений моторное топливо - водород.

Одним из перспективных направлений является применение на автомобиле топливо в виде крекинг-газа без катализатора.

Предложенный нами вариант получения водорода непосредственно на ДВС имеет большую перспективу, в отличие других способов, когда чистый водород из дополнительного бака подается в виде добавки к основному топливу, что усложняет конструкцию ДВС.

Сущность нашего предложения заключается в нагреве бензина за счет тепла выхлопных газов до температуры порядка 650-750°C в теплообменнике, установленного на выпускном коллекторе. В этом случае за счет нагрева бензина в теплообменнике происходит термический крекинг. Состав крекинг-газа содержит водород не менее 9%, остальные – это метан, пропан, которые имеют октановое число более 100 единиц. Наличие в крекинг-газе 9% водорода существенно улучшает энергетические показатели. Это уникальные кинетические характеристики, экологическая чистота и практически неограниченная сырьевая база получения водорода из основного топлива.

Качественное влияние на рабочий процесс ДВС водорода определяется, прежде всего его свойствами. Он обладает более высокой диффузионной способностью, большей скоростью сгорания, широкими пределами воспламенения. Энергия воспламенения водорода на порядок меньше, чем у углеводородных топлив. Реальный рабочий цикл определяет более высокую степень совершенства рабочего процесса ДВС, лучшие показатели экономичности и токсичности. Водородно-воздушная смесь устойчиво воспламеняется в широком диапазоне концентраций от  $\alpha=0,2$  до  $\alpha=10$ . Это обеспечивает возможность работы в широком диапазоне скоростных режимов при регулировании мощности качественным и количественным способами.

На основании результатов экспериментальных исследований установлено, что применение добавок водорода позволяет снизить расход топлива на 25%, выбросы углеводорода в 4 раза, оксидов азота до 30%.

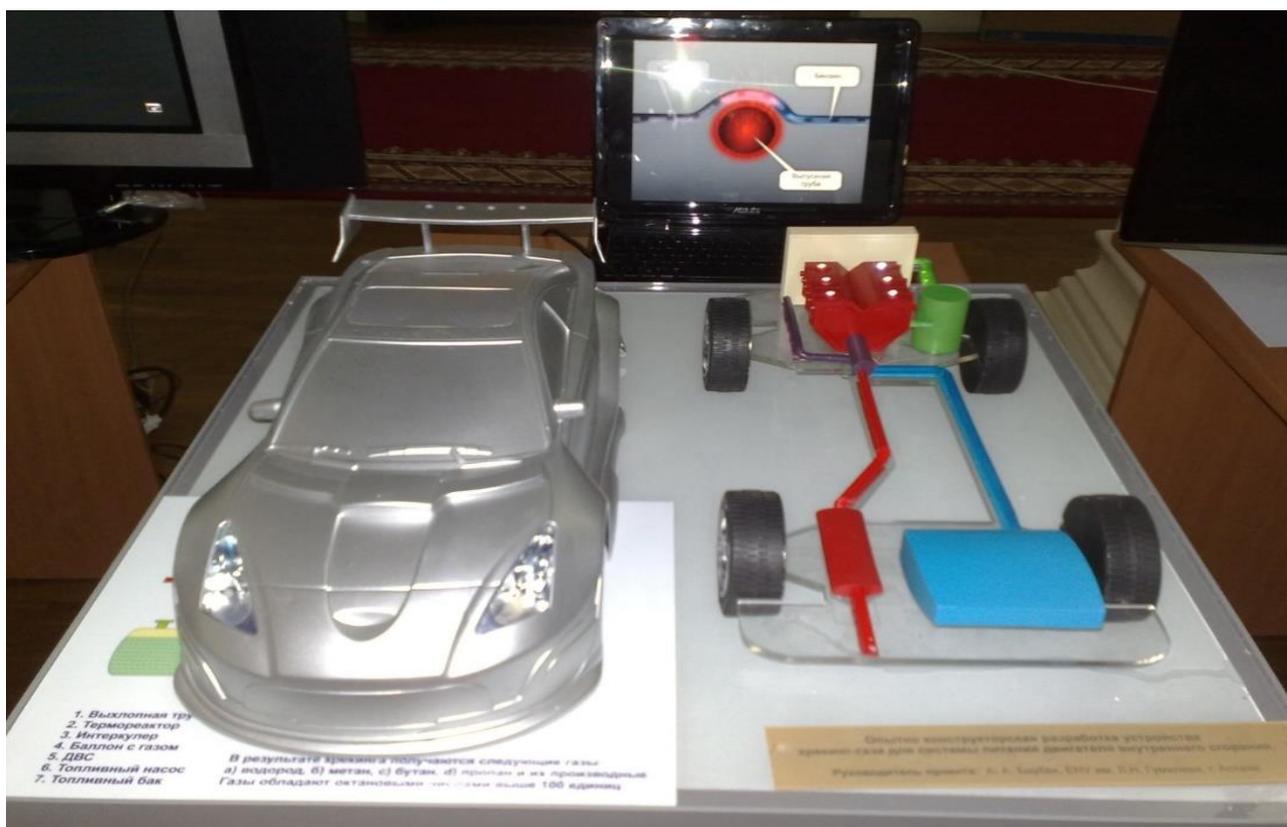


Фото 1 – Модель автомобиля с системой питания на крекинг-газе



Фото 2 – Схема получения крекинг-газа на ДВС

На наш взгляд, положительное влияние добавок водорода к смеси углеводородного топлива с воздухом на показатели двигателя проявляется через воздействие на процесс сгорания. В частности, добавки водорода в топливовоздушную смесь увеличивают нормальную скорость ламинарного горения. Это влияние, как показывают проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования, проявляет себя, прежде всего, на начальной стадии процесса сгорания, в ходе которой происходит формирование и развитие начального очага (НО) горения, инициированного электрической искрой.

Повышение нормальной скорости распространения ламинарного пламени уменьшает критический радиус начального очага. При сильном обеднении топливовоздушной смеси добавка водорода позволяет уменьшить критический радиус до значения, характерного для стехиометрического состава смеси и, тем самым, обеспечивает расширение концентрационных пределов воспламенения. Определяющее влияние добавок водорода на начальную стадию процесса сгорания подтверждают результаты экспериментов.

Определяющее влияние добавок водорода на начальную стадию процесса сгорания подтверждают результаты экспериментов. На рис. 1 представлены полученные на основе опытов в камере сгорания постоянного объема зависимости от коэффициента избытка воздуха времени достижения начальным очагом размера, при котором его радиус становился равным 10 мм.



Фото 3 – Система питания ДВС на крекинг-газе на стационарном ДВС

Увеличение нормальной скорости при добавке водорода в бензо-воздушную смесь уменьшает влияние на скорость завершающей фазы сгорания. Опыты показали, что при добавках в смесь водорода, продолжительность этой фазы сгорания уменьшается. Добавка в смесь водорода заметно ускоряет процесс догорания и его полноту, обеспечивая улучшение энерго-экологических показателей двигателя. Так, по данным [1], при 5% добавке водорода в ДВС общая продолжительность сгорания сократилась при  $\alpha = 1$  на 15%; при  $\alpha = 1,2$  на 28%; при  $\alpha = 1,4$  на 42%. Сокращение продолжительности сгорания приводит к повышению КПД двигателя и снижению расхода углеводородного топлива, что подтверждается результатами как отечественных, так и зарубежных исследований. Например, при добавке к бензо-воздушной смеси около 10 % водорода расход бензина сокращается на 25÷30 %.

Анализ динамики тепловыделения показал, что с ростом добавок водорода повышается эффективность преобразования теплоты в работу. С использованием методов математической статистики установлено, что токсичность отработавших газов двигателя с искровым зажиганием, работающего на бензо-водородных смесях, определяется совокупным влиянием доли водорода в смеси, частоты вращения вала двигателя, расхода бензина, угла опережения зажигания, межэлектродного зазора в свече зажигания. Все сказанное выше говорит о целесообразности расширения исследований по применению добавок водорода к водородо-воздушным смесям. Наиболее серьезной проблемой, стоящей на пути практического использования добавок водорода к углеводородным топливам с целью улучшения их топливной экономичности и экологических характеристик, является сложность получения достаточного количества водорода и его хранения на борту автомобиля. В связи с этим, значительный интерес представляет использование в качестве моторного топлива водородосодержащего крекинг-газа, генерируемого на борту автомобиля из основного углеводородного топлива. Проведенные в России и за рубежом первые исследования свидетельствуют о перспективности этого вида газовых топлив.

Актуальность данной темы обусловлена возрастающим количеством автомобильного транспорта и решением проблемы его воздействия на качество городской среды и здоровье населения. В результате анализа физико-химических свойств водорода выявлено, что применение водорода в качестве иницирующей добавки к основному топливу может благоприятно отразиться на экологических показателях ДВС.

Проведенные исследования дают возможность принципиально установить влияние иницирующей добавки, подаваемой в камеру сгорания, на экологические показатели двигателя. Однако стоит отметить, что для достижения более точных результатов необходимо скорректировать расчеты с учетом влияния скорости горения и распространению фронта пламени. Так же необходимо более качественно отработать алгоритм согласования подачи водородной добавки относительно основного моторного топлива и количества воздуха.

Для получения более полной картины влияния иницирующей добавки на работу двигателя, необходимо провести расчет с использованием модели, учитывающей геометрию камеры сгорания двигателя.

#### **Список использованных источников**

1. Смоленский В. В., Смоленская Н. М., Шайкин А. Г. Влияние добавки водорода на процесс горения в бензиновых двигателях с искровым зажиганием / Прогресс транспортных средств и систем – 2009: Материалы Международной научно-практической конференции. – Ч. 1, с. 247-248.

Логистика саласы бойынша жеңіл автокөліктерді таңдау кезіндегі олардың қозғалысқауіпсіздігін негіздеу