

2. Труханов К.А. Математическое моделирование гидропривода вентилятора для системы охлаждения автомобильного двигателя. // Известия МГТУ «МАМИ». 2012. №1 (13). с. 84-95.
3. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Учеб. для машиностроительных вузов. М.: Машиностроение, 1977. 424 с.
4. Веремей Е.И., Коровкин М.В. Применение пакета NCD для решения задач модальной параметрической оптимизации. // Труды II научной конференции «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB». 2012. с. 884-896.
5. Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Гидравлические и пневматические системы. М.: Академия, 2004. 336 с.
6. Elmer K.F., Gentle C.R. A parsimonious model for the proportional control valve. // Journal of Mechanical Engineering Science. Institution of Mechanical Engineers. 2001. Part C. P. 125-149.
7. Erikson K. A., Greenwood W. R., Bonomo P. J. An analog computer study of hydraulic servomechanism nonlinearities. // Massachusetts institute of technology. 1954. 106 p.
8. Naaland S.E. Simple and explicit formulas for the friction factor in turbulent flow. // J. ASIVIE of Fluids Engineering, 1983. P. 89-90.
9. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MatLab. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002. 448 с.

Генерирование водородосодержащего газа на борту транспортного средства

д.т.н. проф. Каменев В.Ф., д.т.н. проф. Фомин В.М., к.т.н. доц. Апелинский Д.В.,
Хергеледжи М.В.

Университет машиностроения
mixalichDM@mail.ru, hergheledji@mail.ru

Аннотация. В статье обсуждается стратегия совершенствования экологических качеств двигателя путем использования водородного синтез-газа как средства химической активации рабочего процесса. Рассмотрены технологии генерирования синтез-газа на борту транспортного средства. Приведено описание экспериментальной бортовой системы получения водородного синтез-газа путем термохимической конверсии бензина, и представлены материалы ее испытаний в составе автомобиля.

Ключевые слова: автомобильный двигатель, экологические стандарты, холодный пуск, прогрев двигателя, термохимический реактор, водородосодержащий синтез-газ, система нейтрализации отработавших газов

Способы бортового аккумулирования водорода

Наметившаяся в последние десятилетия тенденция развития транспортной водородной энергетики повсеместно считается наиболее перспективным путём решения проблем энергообеспечения и повышения экологической безопасности в сфере эксплуатации автотранспортного комплекса [1].

При использовании водородного энергоносителя в качестве основного топлива или в качестве активирующих добавок к нему для двигателей автотранспортных средств (АТС) одной из наиболее важных задач является разработка экономически оправданного, гибкого в использовании комплекса средств аккумулирования водорода.

Понятием «аккумулирование водорода» объединяются как методы и средства хранения водорода, как индивидуального вещества, так и среды, в которых хранение водорода осуществляется в связанном виде. Во всех случаях процессы аккумулирования водорода сопровождаются затратами энергии и требуют капиталовложений на создание среды аккумулирования и системы хранения в целом. Поэтому реализация любой схемы использования водорода на транспорте в значительной степени зависит от выбора экономически оправданного и эффективного в использовании способа бортового хранения этого газа.

Принципиально возможны следующие способы бортового аккумулирования водорода [2]: в газообразном состоянии под давлением в емкостях различных типов; в жидком состоянии в криогенных емкостях; в твердофазном связанном состоянии в гидридах металлов; в химически связанном состоянии в жидких средах; в адсорбированном состоянии на криоадсорбентах при низких температурах; в инкапсулированном газообразном состоянии в стеклянных микросферах, пенометаллах и цеолитах; в комбинированных системах.

К настоящему времени не сложилось единого подхода к выбору приемлемого способа хранения водорода в составе АТС. Наиболее апробированы на сегодняшний день три основных способа: в виде сжатого газа в баллонах высокого давления, в сжиженном состоянии в криогенных резервуарах и в связанном состоянии в металлгидридных аккумуляторах (таблица 1).

Хранение водорода в баллонах высокого давления. Для хранения водорода под высоким давлением (до 20 МПа) может оказаться приемлемым использование металлопластиковых баллонов, предназначенных для природного газа (метана) с возможностью накопления водорода до 2,7% масс. В стадии разработки находятся металлопластиковые водородные баллоны. Переход от стальных баллонов к более совершенным пластиковым и металлопластиковым, уже серийно выпускаемым промышленностью, увеличивает удельную энергоемкость в 2—2,5 раза. В ближайшем будущем ожидается появление нового поколения баллонов, давление в которых приблизится к 80 МПа, что должно дополнительно увеличить этот показатель.

Таблица 1

Энергетическая оценка способов хранения водорода на борту транспортного средства

Способ хранения		Удельная энергоемкость, кДж/кг
Газ под давлением в баллонах	Стальных	1000-1200
	Пластиковых и металлопластиковых	2000-2500
Жидкий водород в криогенном баке		6800-7200
Металлогидридный аккумулятор		1000-2000
Жидкое традиционное топливо		30000

Однако следует иметь в виду, что с ростом давления увеличиваются энергетические затраты на компримирование этого газа. Работа, необходимая для сжатия водорода, отнесенная к низшей теплоте его сгорания (120 МДж/кг), почти в 4 раза превосходит аналогичный показатель для природного газа при одинаковых степенях сжатия. Для существующих сегодня компрессоров затраты энергии на сжатие водорода от 0,1 до 15...20 МПа достигают 8-10% его низшей теплоты сгорания [2].

Хранение водорода в сжиженном состоянии. При использовании криогенных систем для хранения жидкого водорода энергоемкость единицы хранения лишь в несколько раз (а не в десятки раз, как при баллонном хранении) уступает традиционному топливному баку (таблица 1). Жидкий водород имеет температуру кипения - 252,4°С и плотность 0,071 кг/л, тогда как под давлением 30 МПа его плотность составляет только 0,025 кг/л. Следовательно, жидкий водород более компактный, чем сжатый. Однако большой объем системы (200 – 250 л) требует серьезного изменения кузова АТС и уменьшает его полезный объем. При применении баллонов с многослойной изоляцией удельная масса водорода при давлении 0,5 МПа равна 100 – 150 г/л, что составляет 0,4 – 0,7% от массы баллона. Создание относительно небольших баков для хранения жидкого водорода на борту АТС, а также систем их заправки является самостоятельной и весьма сложной задачей.

При этом серьезной проблемой остается утечка водорода из баллонов. Даже для баллонов с многослойной суперизоляция тепловое экран потери водорода за счет испарения составляют до 0,8 – 1,0% в сутки. Поэтому результирующая эффективность (и стоимость)

аккумулирования водорода в сжиженном состоянии для использования его на АТС определяется всей технологической цепочкой от завода-ожижителя до камеры сгорания двигателя АТС.

Хранение водорода в металлгидридных аккумуляторах. Созданные к настоящему времени экспериментальные, опытно-промышленные и коммерческие образцы металлгидридных аккумуляторов водорода позволяют сделать выводы как о целесообразности их применения на АТС, так и о некоторых присущих им недостатках. Важнейшими достоинствами металлгидридных аккумуляторов является возможность «бесплатного» использования низкопотенциальной теплоты ОГ двигателя для обеспечения их работы, а также высокая безопасность хранения водорода в условиях АТС. При аварийной разгерметизации аккумулятора происходит не выброс большой массы газа, а лишь медленное разложение гидридов при их охлаждении с незначительным выделением водорода. Главными трудностями, сдерживающими широкое внедрение металлгидридных аккумуляторов, в настоящее время являются: относительно большая масса среды хранения; необходимость в ряде случаев компримирования водорода до степеней сжатия 50/1; достаточно высокая стоимость сплавов – аккумуляторов водорода.

Многие выполняемые в настоящее время исследования и разработки направлены на преодоление этих трудностей. Одним из наиболее перспективных направлений разработок является создание аккумулирующих сред на основе интерметаллидных сплавов (ИМС). Композитные интерметаллические системы обладают высокой теплопроводностью, малым гидравлическим сопротивлением и высокой стойкостью к разрушению структуры в процессе многоциклового обратимой сорбции водорода. Последний фактор особенно важен для автомобильных систем аккумулирования водорода, поскольку исключает вынос потоком водорода мелкодисперсных фракций, характерный для металлгидридных аккумуляторов. Для этих систем расходные характеристики по водороду соответствуют характеристикам двигателя на основных режимах ездового цикла АТС. Путем изменения расхода ОГ имеется возможность поддерживать давление водорода в системе на уровне 0,3—0,5 МПа на протяжении 90 % времени разрядки аккумулятора, при этом температура на поверхности элемента в конце разрядки не превышает 100⁰С, чем гарантируется безопасность эксплуатации аккумулятора. Работы по синтезу композитных интерметаллических систем ведутся в ряде научных центров России, однако пока приемлемых решений нет.

Аккумуляция водорода в химически связанном состоянии в жидких средах. Большая группа методов аккумуляции и транспортировки водорода, интенсивно изучаемых в последнее время, относится к водороду в химически связанном состоянии в виде жидких химических соединений (аммиака, метанола, этанола и др.). Эти соединения – носители водорода – допускают простые реакции гидрирования на катализаторах при умеренных температурах. При аккумуляции водорода в виде аммиака, метанола, этанола и т.д. производство этих жидких носителей водорода осуществляется на крупных предприятиях, и стоимость такого аккумуляции водорода определяется замыкающими затратами на их получение и процессами потребления получаемого водорода. Для транспортного комплекса системы аккумуляции и транспорта водорода в виде жидких химических соединений могут оказаться более эффективными, чем существующие методы хранения и транспорта газообразного и жидкого водорода. Целесообразность создания таких безопасных систем была подтверждена результатами ряда экспериментальных исследований [1, 3, 4].

Генерирование водородного продукта в бортовой системе на основе конверсии метанола

В сфере автомобильных технологий исследования жидких сред как носителей водорода нашли свое отражение относительно недавно. Тем не менее можно констатировать, что к настоящему времени уже накоплен определенный исследовательский опыт по разработке подобных сред и систем бортового генерирования водорода с их участием [1, 3, 4]. Применение на АТС в качестве жидкой среды – носителя водорода – метанола считается наиболее целесообразным, что обусловлено повышенным содержанием водорода в данном носителе (его

молекулярная доля в соединении CH_3OH составляет 2/3). Массовый показатель среды аккумулярования водорода в виде жидкого метанола составляет порядка 8,5 кг/кг H_2 (в 8,5 кг метанола содержится 1 кг водорода). Массовое содержание водорода в единице объема жидкого метанола почти в 1,5 раза превышает плотность жидкого криогенного водорода [2]. Для условий эксплуатации АТС важно также и то, что хранение водорода в химически связанном состоянии в жидкой среде обуславливает высокую безопасность при аварийных ситуациях.

Преобразование метанола в водородосодержащий газ (синтез-газ) с использованием малогабаритного термохимического реактора принципиально осуществимо на любых типах транспортных ДВС. Наибольшая глубина протекания химических реакций, обуславливающая максимальную степень конверсии метанола, может быть достигнута при определенном уровне энергетического (теплого) баланса и температурного режима в реакционной камере реактора, установленного в выпускной системе двигателя.

Следовательно, для эффективной реализации процесса конверсии требуется, чтобы греющий теплоноситель (ОГ) располагал потенциально необходимыми уровнями тепловой мощности и температуры. Необходимость в интенсивном подводе теплоты к реакционной зоне вызвана, прежде всего, проявлением высокого эндотермического эффекта реакции конверсии метанола. Дополнительная тепловая мощность необходима также для организации и других («вспомогательных») этапов конверсионного процесса: на предварительное нагревание метанола до температуры кипения, на его испарение, на повышение температуры паров до уровня рабочей температуры конверсии. Общие затраты тепловой энергии на организацию полностью завершеного процесса конверсии 1 кг метанола достигают примерно 7 МДж.

Кроме того, полная (завершенная) конверсия метанола с использованием современных катализаторов может достигаться при рабочих температурах порядка 300°C, что определяет минимально возможный предел по температуре теплоносителя (выпускных газов двигателя), ниже которого реализация эффективного конверсионного процесса невозможна. Подобные условия предопределяют необходимость размещения реактора в непосредственной близости от выпускного коллектора двигателя.

Важной особенностью процесса бортового синтеза водородосодержащего продукта из метанола является проявление энергосберегающего эффекта [3]. В результате эндотермического преобразования в реакторе химическая энергия конвертированного продукта (синтез-газа) возрастает по отношению к энергии исходного продукта (метанола) на величину, равную количеству утилизированной энергии теплоносителя (ОГ). Такой способ утилизации отводимой с ОГ тепловой энергии назван *термохимической регенерацией теплоты отработавших газов*, так как в его основу положен принцип термохимического преобразования энергии исходного топлива на более высокий энергетический уровень с использованием теплоты ОГ [3]. Таким образом, реализация процесса бортового синтеза водородосодержащего продукта из метанола способствует повышению эффективности использования энергии исходного её носителя (метанола) и, как следствие, эффективности рабочего цикла двигателя.

Опытная бортовая система генерирования водородосодержащего газа на основе конверсии бензина

Применение на АТС в качестве жидкой среды – носителя водорода базового топлива следует признать более предпочтительным с точки зрения обеспечения полной автономности мобильного средства в условиях его эксплуатации. К тому же массовый показатель жидкой среды аккумулярования водорода в виде бензина достаточно высок и составляет порядка 15%.

Наиболее детально в исследовательской практике изучены процессы конверсии моноуглеводородов (метан, метанол и др.), имеющих относительно простую химическую структуру. В отличие от них бензин не является монокомпонентным соединением и его композиционный состав состоит из смеси нескольких предельных углеводородов C_nH_{2n+2} с длиной углеродной цепочки $n = 7 \dots 10$. Ни один из компонентов не имеет преобладающего содержания, и для каждого сорта бензина существует индивидуальная химическая формула. Напри-

мер, бензин марки Аи-95 характеризуется формулой $C_{7,14}H_{14,28}$. Поэтому процесс конверсии нефтяного топлива, содержащего в своем составе большое количество углеводородных фракций с различными физико-химическими свойствами, представляет собой сложный химический акт, отличающийся многостадийностью химических превращений углеводородов. Конечная эффективность процесса конверсии определяется энергозатратами, связанными с его реализацией, и содержанием в продуктах конверсии целевого продукта – водорода.

Несмотря на отмеченные трудности, используя накопленный отечественный и зарубежный опыт, авторы разработали опытный вариант бортовой системы для получения водородосодержащих продуктов (водородного синтез-газа) на основе конверсии бензина. Основным функциональным звеном этой системы является термохимический реактор (ТХР), где в условиях высоких температур осуществляется преобразование топлива в водородосодержащий синтез-газ.

Для поддержания необходимого теплового режима конверсии в ТХР используется тепловая энергия ОГ двигателя. Реакционная камера ТХР выполнена в виде набора дисков, внутри которых размещены носители катализатора из мелкодисперсного никеля с развитой теплообменной поверхностью, что обеспечивает равномерное распределение теплоты по объему реакционной зоны и смешение потока, способствуя гомогенизации смеси. Мелкодисперсная структура носителя позволяет увеличить активную площадь теплообмена ОГ и каталитической подложки реактора. Кроме того, благодаря небольшим размерам пор каждого носителя катализатора (менее критического диаметра распространения пламени), они предохраняют реактор от образования и обратного проскока пламени в реакционный объем. Подобный способ организации конверсионного процесса в ТХР позволяет осуществить смешение нагретых компонентов без воспламенения, благодаря чему в продуктах реакции и на катализаторе практически отсутствуют углеродные отложения (сажа). Предварительными исследованиями установлено, что продукты конверсии бензина (ПКБ) имеют следующий компонентный состав (об. %): 4-6 H_2 , 8-19 CH_4 , 8-10 CO , 3,5-6 CO_2 , 50-55 N_2 , а также ряд соединений неполного преобразования углеводородов, многие из которых обладают свойствами высокоэффективных химических реагентов.

Основными особенностями опытной конструкции ТХР являются простота, легкость демонтажа блока катализатора и компактность. Реактор характеризуется малым объемом катализатора на единицу продукции и высокой степенью конверсии. Заметим, что в перспективных разработках конструкций ТХР закладывается возможность обеспечения предельной концентрации в ПКБ водорода (~15%), соответствующей равновесному составу полного разложения исходного продукта (бензина). Данные показатели предполагается обеспечить за счет организации оптимальных (по температурным и концентрационным факторам) условий проведения процесса конверсии моторного топлива, что, безусловно, может быть реализовано на основе применения гибких автоматизированных средств управления этим процессом.

Опытная апробация разработанной системы

Показатели работоспособности и эффективности опытной системы были апробированы экспериментально на примере решения одной из актуальных проблем в сфере эксплуатации АТС – повышении стартовой экологической эффективности автомобильного двигателя с системой нейтрализации ОГ (т.н. проблемы холодной фазы ездового цикла АТС).

В общем виде стратегия совершенствования стартовых экологических качеств ДВС за счет применения водородосодержащих средств активации впервые в отечественной исследовательской практике была предложена в работе [4]. Её отличительной особенностью является использование технологии получения водородосодержащего синтез-газа на основе конверсии метанола, а следовательно, и используемые при этом функциональные и технические средства для генерирования этого газа и его компонентный состав отличаются по целому ряду показателей от предлагаемой «бензиновой» версии. Применение опытной системы в данном случае было направлено на совместное скоординированное повышение эффективности как двигателя, так и системы нейтрализации ОГ, что предусматривает возможность решения в целом проблемы холодной фазы ездового цикла АТС.

Сущность этой проблемы общеизвестна и заключается в следующем. Современная стандартная методика, регламентируемая Правилами ЕЭК ООН № 83, предусматривает испытание охлажденного до температуры -7°C автомобиля в условиях ездового цикла с непосредственным отбором проб ОГ для оценки вредных выбросов сразу после пуска двигателя. Понятно, что двигатель в период его прогрева не может устойчиво работать на смеси стехиометрического состава, необходимом для эффективной работы нейтрализатора в бифункциональном режиме. Как известно, устойчивая работа двигателя в этот период обеспечивается за счет соответствующего обогащения смеси, что обуславливает высокий уровень эмиссии токсичных продуктов неполного сгорания топлива (CO и CH), которые не могут быть преобразованы (нейтрализованы) в еще непрогретом каталитическом блоке нейтрализатора. В течение этого стартового периода в атмосферу выбрасывается более 80% CO , CH от суммарного количества за весь ездовой испытательный цикл [4]. Отсюда ясно, что для успешного решения обсуждаемой проблемы необходимо обеспечить соблюдение двух основных условий. Первое – по возможности быстрый перевод двигателя в начальный период после его холодного пуска на работу при стехиометрическом составе смеси, второе – ускоренный выход каталитического нейтрализатора на эффективный режим работы.

С использованием потенциальных возможностей разработанной системы предложен способ организации рабочих процессов ДВС и нейтрализатора в стартовый период их работы, обеспечивающий достижение этих условий. Принципиальная схема, иллюстрирующая способ интенсификации стартового прогрева двигателя и нейтрализатора, представлена на рисунке 1.

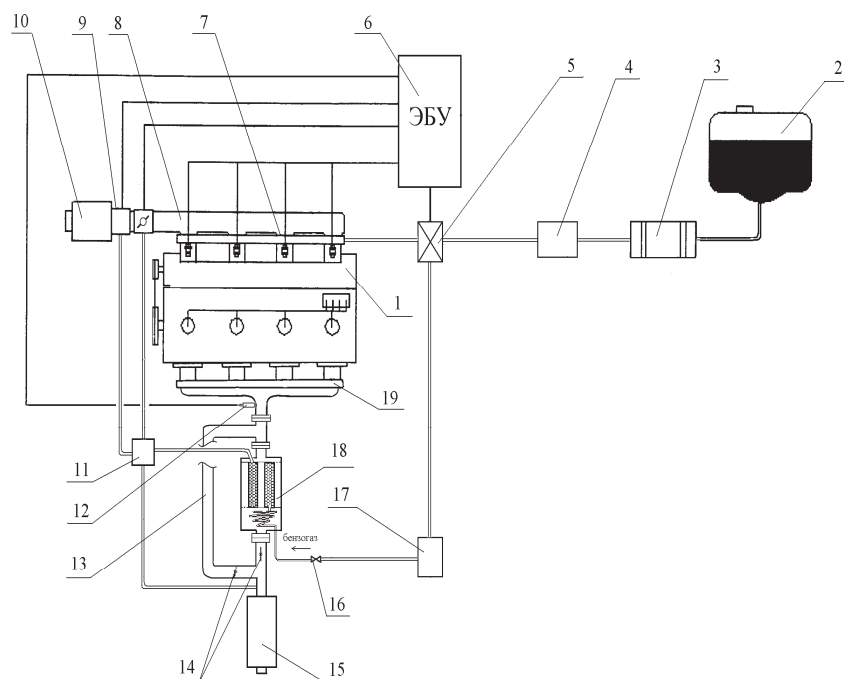


Рисунок 1. Схема, иллюстрирующая способ ускоренного стартового прогрева двигателя и нейтрализатора с использованием опытной системы конверсии бензина:

- 1 – двигатель; 2 – топливный бак; 3 – топливный насос; 4 – топливный фильтр; 5 – блок распределитель; 6 – электронный блок управления; 7 – топливная рампа; 8 – впускной коллектор с дроссельным узлом; 9 – дозатор воздуха; 10 – воздушный фильтр; 11 – блок распределитель; 12 – кислородный датчик; 13 – байпас; 14 – дроссельные клапаны; 15 – нейтрализатор; 16 – обратный клапан; 17 – теплообменник-испаритель; 18 – конвертер (ТХР); 19 – выпускной коллектор**

Опытная система с комплексом необходимых функциональных и технических средств, реализующих данный способ, была установлена на автомобиле ВАЗ-2112 и адаптирована к условиям работы его двигателя и системы нейтрализации. Опытная система в составе работы двигателя в период его пуска и прогрева функционирует следующим образом.

Холодный пуск двигателя. После пуска двигателя и отключения стартера электронный блок управления 6 включает реле распределителя 5 для подачи части бензина в испаритель 17.

Запуск системы конверсии бензина. В испарителе при температурах 70-80°C происходит испарение 10-15% легких, так называемых пусковых фракций бензина с образованием бензогаза (парообразного бензина). Более тяжелые жидкие фракции постоянно «обновляются» за счет рециркуляции бензина, то есть возврата оставшейся не испаренной части бензина в топливную магистраль до электронасоса 3. Доля бензина, подаваемого в испаритель, составляет от 50 до 80% от основной доли бензина, поступающего в цилиндры двигателя. Она уменьшается обратно пропорционально нарастанию нагрузки двигателя по мере его прогрева. Бензогаз под давлением 0,25 МПа из испарителя подается на вход в теплообменник-перегреватель, конструктивно совмещенный с устройством ТХР 18. На выходе из перегревателя температура паров бензина возрастает до 600 – 800°C. Перегретые пары направляются в рабочую полость ТХР, где при постоянном подводе теплоты от потока выпускных газов ДВС происходит термохимическое преобразование бензина (конверсия) с образованием водородосодержащих продуктов.

Режим ускоренного прогрева двигателя и нейтрализатора. Генерируемые в ТХР химически активные продукты по команде электронного блока управления (ЭБУ) разделяются в блоке распределителя 11 на два потока. Один из них поступает в пространство впускного коллектора 8 для образования топливной смеси из бензина, ПКБ и воздуха. Введение в состав основной топливно-воздушной смеси двигателя химически активных компонентов ПКБ существенно повышает ее реакционную способность, расширяет концентрационные пределы воспламенения, обеспечивает устойчивую работу ДВС и, что важно, без традиционного пускового обогащения смеси. При этом достигается высокая полнота сгорания смеси с минимальным выходом токсичных веществ, существенное сокращение длительности периода прогрева ДВС, обуславливается возможность быстрого перехода на режим горения смеси стехиометрического состава, при котором обеспечивается эффективная работа нейтрализатора.

Другая часть потока ПКБ направляется в выпускную систему и далее в нейтрализатор 15 для разогревания его каталитического блока. Для интенсификации процесса экзотермического окисления водородосодержащих ПКБ предусмотрена подача дополнительного воздуха на входе в полость каталитического блока нейтрализатора из воздушного фильтра 10 через управляемый от электронного блока 6 дозатор 9.

Содержащийся в составе ПКБ водород, обладая высокой скоростью диффузии [2], за очень короткий промежуток времени смешивается с другими компонентами ОГ, активно проникая в мелкоячеистую структуру его каталитической матрицы. При окислении (горении) водорода толщина зоны гашения (пристеночный слой, в котором не идут окислительные процессы) примерно в 5 раз меньше, чем у углеводородов, что предопределяет высокую его эффективность воздействия как химического активатора в порах еще непрогретого каталитического блока. При этом проявляется одно из уникальных свойств водорода, которое заключается в его способности экзотермически окисляться на поверхности платинового катализатора практически при комнатной температуре [2]. Необходимая тепловая энергия для нагревания каталитического блока может быть обеспечена при окислении незначительного количества водорода благодаря его высокому показателю теплоты сгорания, которая, например, в 3 раза превышает этот показатель для бензина. Кроме того, реакции окисления водорода позволяют извлечь (химически связать) свободный кислород из компонентного состава ОГ, что формирует необходимые условия (отсутствие избыточного кислорода в ОГ) для реализации реакций восстановления (нейтрализации) оксидов азота даже на частично прогретом катализаторе.

После выхода нейтрализатора на эффективный режим очистки ОГ по сигналу блока бортовой диагностики (по показаниям двух штатных кислородных датчиков, установленных до и после нейтрализатора) ЭБУ прекращает подачу ПКБ в двигатель и нейтрализатор, пере-

водя их на штатный режим работы. При этом с помощью клапанов-заслонок 14 отработавшие газы двигателя направляются по байпасу 13 в обход ТХР, предотвращая его перегрев на нагрузочных режимах работы двигателя.

Таким образом, благодаря ускоренному скоординированному прогреву всех составляющих системы «двигатель – нейтрализатор» в стартовый период обеспечиваются условия её быстрого (в пределах 15 с) выхода на эффективный режим работы, а главное, существенно снижается эмиссия токсичных продуктов неполного сгорания, что обуславливает возможность решения главной проблемной задачи холодной фазы ездового цикла.

Сравнительные испытания серийного автомобиля ВАЗ-2112 (в штатной комплектации) и его модернизированного варианта (оснащенного опытной системой) проводились на беговых барабанах в соответствии с регламентом Правил ЕЭК ООН № 83. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты сравнительных испытаний автомобиля ВАЗ-2112:

Объект испытаний	Выбросы токсичных компонентов ОГ, г/км		
	CO	CH	NOx
Серийный автомобиль	2,3	0,2	0,15
Модернизированный автомобиль	0,533	0,09	0,07
Нормативные требования ЕВРО-4	1,0	0,1	0,08

Видно, что реализация предложенного способа позволила улучшить исходные экологические показатели автомобиля по всем нормируемым компонентам ОГ до уровня нормативных требований ЕВРО-4 с гарантированным «запасом», что дает основание рекомендовать его в качестве эффективного альтернативного варианта для предстоящей разработки малотоксичных двигателей перспективных отечественных автомобилей.

В целом по полученным частным результатам опытной апробации можно с уверенностью предположить, что водородный синтез-газ, генерируемый в бортовой системе, является эффективным средством, которое может быть применено для успешного решения целого ряда других задач по совершенствованию показателей работы двигателей АТС.

Выводы

По результатам работы можно заключить, что наряду с другими направлениями развития исследований применение водородосодержащего синтез-газа, генерируемого в бортовой системе на основе конверсии ряда соединений, в том числе и бензина, можно отнести к одному из перспективных направлений в области поисковых исследований по созданию малотоксичного, конкурентоспособного двигателя для отечественных АТС. Предложенный способ бортового получения синтез-газа и функциональные и технические средства его реализации следует рассматривать как один из альтернативных вариантов решения ряда проблемных вопросов в контексте социально важной проблемы экологической безопасности на транспорте. Способ может быть направлен на разработку новых типов экологически усовершенствованных транспортных двигателей с различными способами организации рабочего процесса, а также модификацию уже существующих. Его применение может быть успешно совмещено с рядом других известных мероприятий по экологическому совершенствованию ДВС, дополняя и усиливая при этом их совокупную эффективность.

Литература

1. Фомин В.М. Водородная энергетика автомобиля. Учебное пособие для вузов. - М: МГТУ «МАМИ», 2011. 305 с.
2. Малышенко С.П., Назарова О.В. Аккумулирование водорода. // Атомно-водородная энергетика и технология. -Сб статей. Вып.8.-М.: Энергоатомиздат, 1988. с. 155-205.
3. Fomin V.M. and Makunin A.V. Thermo chemical recovery of heat contained in exhaust gases of internal combustion engines (a general approach to the problem of recovery of heat contained in exhaust gases) // Theoretical foundations of chemical engineering.-Vol.43.-No5.-2009.-P.p.834-840.

4. Фомин В.М., Каменев В.Ф., Герасименко С.А. Стратегия стартового прогрева автомобильной системы нейтрализации на основе использования водородного реагента. // Труды НАМИ. – Вып. № 242: Комбинированные энергоустановки автотранспортных средств. Сб. науч. тр. – М., 2009. с. 105-132.

Применение биотопливных композиций как альтернатива повышения экологической и топливно-энергетической безопасности на транспорте

д.т.н. проф. Фомин В.М., к.т.н. доц. Апельинский Д.В., Хергеледжи М.В.
Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)
mixelichDM@mail.ru, hergheledji@mail.ru

Аннотация. Обсуждаются проблемы энергообеспечения и повышения экологической безопасности на транспорте, а также один из альтернативных вариантов их совокупного решения на основе использования бинарных биоуглеводородных топлив. Рассмотрены основные физико-химические свойства ряда смесевых топлив и их влияние на показатели работы двигателя. Приведены результаты испытаний двигателей, работающих на топливных двухкомпонентных смесях.

Ключевые слова: *автомобильный двигатель, экологические стандарты, энергообеспечение, энергопотребление, биотопливо, биоуглеводородная топливная композиция*

Биоэнергетика как важнейший фактор в решении проблем энергообеспечения и защиты окружающей среды

Ограниченность природных источников органического топлива и возрастающая проблема экологической безопасности на транспорте являются началом наблюдаемого во всем мире нового периода в области развития транспортной энергетики. Наиболее характерными чертами этого периода являются окончание эры дешевой нефти, проведение активной политики сбережения природных источников энергии, возрастание сферы альтернативного энергопотребления.

В этих условиях многократно возрастает роль биоэнергетики, основными преимуществами которой являются ее неисчерпаемость и экологическая чистота, что принципиально отличает ее от традиционной энергетики. При этом развитие биоэнергетики повсеместно считается наиболее перспективным путём решения проблем энергообеспечения как в сфере постоянно растущего энергопотребления в целом, так и в направлении перспективного развития транспортной энергетики. Энергетический потенциал ежегодно произрастающей биомассы в два раза превышает суммарную энергию годового потребления всех видов углеводородного сырья. Современные технологии производства биотоплив позволяют потенциально удовлетворить все энергетические потребности, используя лишь 2% площади поверхности планеты.

Если проанализировать биоэнергетику как относительно молодую сферу деятельности, то можно с уверенностью сказать, что она как нельзя лучше способствует решению проблемы энергообеспечения при сохранении устойчивости биосферных процессов, поскольку:

- способствует сокращению потребления материальных невозобновляемых ресурсов;
- создаёт устойчивые предпосылки для оздоровления окружающей среды;
- позволяет привлекать внешнюю ресурс для своего развития, так как основана на стратегии аккумулирования солнечной энергии;
- не требует значительных материальных и финансовых затрат для своей крупномасштабной реализации;
- решает задачи энергообеспечения как на региональном, так и местном уровнях.

Осознанная необходимость в развитии транспортной биоэнергетики в первую очередь коснулась стран, не обладающих значительными запасами углеводородного сырья: Бразилии, Германии, Франции, Австралии и США. Не случайно именно эти страны и являются в