

УДК 621.43068.4

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

С. П. Высоцкий\*, Ф. В. Недопекин, Н. А. Столярова\*

\*Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального технического университета, г. Горловка

Определены технико-экономические показатели использования разных видов топлива на автомобильном транспорте. Выполнена оценка применения различных видов топлива на автомобильном транспорте с учетом удельной стоимости энергетического эквивалента и воздействия на окружающую среду. Показано, что использование водорода в качестве энергоносителя позволяет значительно повысить коэффициент полезного действия за счет внедрения топливных элементов. Разработана концепция учета теплотворной способности топлив и экологических факторов как элемента обоснования выбора энергоносителя. Обоснована необходимость оценки стоимости энергоносителей как по их теплотворной способности, так и по экологическим последствиям от их применения.

*Ключевые слова:* окружающая среда, автомобильный транспорт, топливо, теплотворная способность, водород, топливные элементы, выбросы.

**Введение.** В конце 60-х - начале 70-х годов были введены ограничения на выбросы токсических веществ с отработавшими газами автотранспортных средств в США, Японии и Западной Европе. Главным стало уменьшение выбросов CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, NO<sub>x</sub>. Середина 70-х – начало 80-х связаны с мировыми нефтяными кризисами. При этом произошло значительное увеличение стоимости топлива, что в свою очередь повлияло на внедрение концепции автомобилей "внутри больше, чем снаружи". Несмотря на увеличение стоимости топлива в мировой практике продолжается стремительный рост автомобильного парка. Основным приоритетом состоял в повышении топливной экономичности. На рубеже веков и на среднесрочную перспективу основным является требование минимизации потребления ископаемых углеводородных топлив при обеспечении высокой транспортной эффективности и безвредности воздействия на окружающую среду. На рубеже веков и на среднесрочную перспективу основным является требование минимизации потребления ископаемых углеводородных топлив при обеспечении высокой транспортной эффективности и безвредности воздействия на окружающую среду. Взаимосвязь между насыщенностью автомобилями и ВВП на душу населения по странам мира показана на рис. 1.



Рис. 1. Взаимосвязь между насыщенностью автомобилями и ВВП на душу населения по странам мира

Проблема экологической безопасности автотранспорта – часть проблемы экологической безопасности страны. Неблагоприятная экологическая ситуация на автомобильном транспорте в нашей стране обусловлена большой долей автомобилей, "возраст" которых превышает 15 лет. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортных средств увеличиваются в Украине ежегодно в среднем на 3,1%. От передвижных источников загрязнения в 2008 году в атмосферный воздух нашей страны поступило 2,7 млн. тонн вредных веществ, большая часть которых 2420,3 тыс. тонн или 90,1% – это выбросы

автомобильного транспорта. Из общего количества около 1,7 млн. тонн или 63% загрязняющих веществ выброшено автомобилями, которые находятся в личной собственности населения. Автомобильные двигатели сбрасывают в воздух городов более 95% оксида углерода, около 65% углеводородов и 30% оксидов азота. При сгорании 1 кг бензина в атмосферу поступает 465 г угарного газа, 25 г углеводородов, 15 г оксидов азота. Кроме того, для сгорания 1 кг бензина необходимо 14,5 кг воздуха. Двигатель внутреннего сгорания в течение часа расходует около 200 л кислорода – в 2,5 раза больше, чем за сутки дышит человек.

В общем загрязнении атмосферного воздуха токсичными выбросами автомобилей доля двигателей с искровым зажиганием составляет 93-95%, дизельных двигателей – 5-7%. Уровень выбросов сажи у последних в 5-6 раз выше. В последнее десятилетие интенсивно ведутся поиски альтернативного топлива, которое было бы дешево и не давало бы вредных выбросов. К альтернативным топливам относят все автомобильные топлива, кроме бензинов.

В связи с увеличением цен на традиционные энергоносители и ужесточением требований по защите окружающей среды в мировой практике происходит расширение использования возобновляемых источников энергии. Так, по прогнозам американских ученых капитальные вложения по получению и использованию возобновляемых источников энергии к 2016 году достигнут 750 млрд. дол. США.

При этом ежегодное производство только биоэтанола в ряде фирм США в 2012 году составит 500 млн л. Особенно амбициозные проекты использования биоэтанола намечены в Китае. Там ежегодное производство биоэтанола планируется увеличить до 1,25 млрд. л [1].

Важным обстоятельством является то, что возобновляемые энергоносители при их использовании имеют положительное воздействие на выброс парниковых газов. Например, при сжигании этанола, полученного за счет ферментации кукурузы снижение эмиссии CO<sub>2</sub> составляет 20%, а при использовании биодизеля 75% [2].

В Украине сложилась благоприятная ситуация, способствующая расширению использования альтернативных энергоносителей. Во многих регионах страны освоено выращивание рапса. Использование относительно простых технологий получения биодизеля [3] может быть реализовано на оборудовании, которое изготовлено в г. Киеве, Харькове и Днепропетровске.

Однако до настоящего времени не выполнена оценка использования на автомобильном транспорте других альтернативных энергоносителей, таких как водород, а также сравнение технико-экономических показателей использования различных энергоносителей с учетом воздействия на окружающую среду.

Целью работы является определение технико-экономических показателей (теплота сгорания и стоимость энергии) альтернативных видов топлив для автомобильного транспорта. Сравнение затрат по традиционным и водородным технологиям автотранспорта на 100 км пробега, долл./100 км. Разработка концепций учета экологических факторов как элемента обоснования инновационных направлений

**Основная часть.** Сегодня учет экологических факторов становится важным элементом обоснования инновационных направлений в различных отраслях экономики. В этой связи в 90-х годах прошлого века за рубежом (США и Западная Европа) были развернуты работы по оценке социальных последствий использования различных видов топлива [4, 5]. В результате этих работ оценены размеры экологических ущербов для населения, сельского и лесного хозяйства, городской среды и других объектов, подверженных воздействию загрязнителей, образующихся в процессе работы энергетических установок. В настоящее время выводы этих исследований становятся рекомендациями для обоснования стратегий долгосрочного развития территорий и бизнеса. Оценка внешних эффектов в дополнение к прямым затратам позволяет по-иному подойти к обоснованию выбора новых технологий, повышает качество рекомендаций по определению приоритетных направлений научных исследований и проектно-конструкторских разработок. В Украине эти работы пока находятся на начальной стадии.

Учитывая большую долю загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом, особенно в городских условиях, целесообразно оценить влияние типа сжигаемых топлив на загрязнение, а также пути снижения этих выбросов.

В современных условиях на автомобильном транспорте используется три вида топлив: дизельное, бензины и газы: метан и пропан. Тип топлива и его стоимость существенно влияет как на экологические, так и на экономические показатели эксплуатации автомобильного транспорта

В последние годы в мировой практике наметились тенденции более широкого использования в транспорте топлив из биологического сырья. Данные тенденции продиктованы главным образом тремя реалиями современности:

1) спрос на потребление энергоресурсов в мире стремительно растет (по прогнозам одной из крупнейших мировых нефтегазовых компаний British Petroleum прирост спроса на энергоресурсы к 2030 г. составит 50% в сравнении с уровнем 2005 года);

2) мировые запасы нефти и газа все быстрее сокращаются, оставляя для эксплуатации месторождения, зачастую отличающиеся сложными геолого-экономическими условиями и удаленностью от мест потребления;

3) экологическая ситуация планеты ухудшается высокими темпами, что крайне негативно отображается на здоровье людей и других живых организмов.

Темпы использования биологического сырья в топливном секторе возрастают с каждым годом. Например, доля биомассы в производстве тепловой и электрической энергии в странах Европейского Союза в 1995 году составила 44,80 млн. т.н.э. (нефтяного эквивалента). В 2010 году доля топлива из биомассы увеличилась до 135 млн. т. Существует два направления использования биотоплив на автомобильном транспорте – биодизель и биоэтанол. Лидирующие позиции в производстве биоэтанола принадлежат Америке, но в развитии производства биодизельного топлива уверенно лидируют страны Евросоюза (Германия, Франция, Италия). К 2030 году по прогнозам использования биотоплива существенно увеличится [6–8].

Для получения биодизеля можно использовать любые виды растительных масел – подсолнечное, льняное, рапсовое, и пр. По оценкам [8] при создании биодизельного топлива используются следующие масла рапсовое (84%), подсолнечное (13%), соевое (2%). На долю прочих масел приходится меньше 1%. При этом биодизель, полученный из различной сырьевой базы, имеет определенные отличия. Так, пальмовый биодизель характеризуется как наибольшей калорийностью, так и самой высокой фильтруемостью и низкой температурой застывания. Рапсовый биодизель несколько уступает пальмовому по калорийности, но лучше переносит холод, поэтому более всего подходит для многих европейских стран. Кроме того, разные виды сырья отличаются и различным выходом готового продукта: рапс (Европа) – выход масла около 1200 л/га; соя (США, Аргентина) – 446 л/га; канола (Канада) – 1000 л/га; касторовое масло (Бразилия) – 1410 л/га; ятрофа (Индия) – 1900 л/га; пальмовое масло (Индонезия, Филиппины) – до 5900 л/га.

Применяются три основные технологии получения биодизеля из масел: трансэстерификация масла с добавлением спирта в присутствии катализатора (щелочь), прямая кислотная трансэстерификация из масла, преобразование масла в жирные кислоты, а затем в биодизель с использованием кислого катализатора [7]. Полученное после отжима масло после элементарного отстоя и очистки готово к преобразованию в установку. Установка по преобразованию любого растительного масла располагается на площади менее 20 м<sup>2</sup>, мощность ее обеспечивает выпуск до 12 куб. м<sup>3</sup> в сутки. Себестоимость выпускаемого биодизеля составляет «цену масла» плюс 30-35 коп. Ориентировочная цена установки с монтажом, передачей технологии и обучением персонала – около 200 тыс. грн.

Этерификация может быть осуществлена с использованием этилового или метилового спирта.

Достоинствами диметилового эфира является то, что он:

- не содержит ароматических углеводородов и серы;
- характеризуется высокой полнотой сгорания;
- не имеет сажи и оксидов азота в выхлопных газах, не требует изменений в конструкции дизельного двигателя (необходима лишь незначительная модернизация системы подачи топлива);
- обеспечивает хороший старт холодного двигателя, имеет более выгодные условия производства по сравнению с дизельным топливом.

По сравнению с минеральным маслом, 1 л которого способен загрязнить 1 млн. л питьевой воды, растительное масло при попадании в воду не причиняет вреда ни растениям, ни животным. Кроме того, оно подвергается практически полному биологическому распаду: в почве или в воде микроорганизмы за 28 дней перерабатывают 99% масла, что позволяет говорить о минимизации загрязнения рек и озер.

Основные преимущества биодизеля:

- возможность использования в обычных, немодифицированных дизельных двигателях;
- условия хранения биодизеля аналогичны обычному дизельному топливу;
- при производстве и использовании биодизеля примерно на 80% меньше выбросов диоксида углерода и почти на 100% меньше диоксида серы;
- сокращение более чем на 90% количества несгоревших углеводородов, и на 75-90% количества полициклических ароматических углеводородов;
- за счет снижения мутагенности и канцерогенности биодизельное топливо значительно уменьшает риск развития опухолевых процессов;
- возможность продления жизни дизельных двигателей из-за более высоких, чем у нефтяного топлива, смазывающих характеристик;
- малотоксичность и высокая температура воспламенения (около 150°С против 55°С для нефтяного дизельного топлива) из-за высокого содержания (8-10 %) кислорода.

Также, следует упомянуть и о незначительных недостатках: биодизель более агрессивен к резиновым и полимерным деталям двигателей, а также лакокрасочному покрытию кузова по сравнению с минеральным топливом; имеет мощность двигателя при работе в номинальном режиме на 6-8% ниже; также ухудшаются эксплуатационные свойства при работе двигателей при низких температурах.

Следующим направлением применения биотоплив является использование биоэтанола. Этанол является менее «энергоемким» источником энергии, чем бензин. Пробег гибридных машин, работающих

на E85 (смесь 85 % этанола и 15 % бензина; буква «E» от английского Ethanol), на единицу объёма топлива составляет примерно 75 % от пробега на бензине. Обычные машины не могут работать на E85, хотя стандартные двигатели внутреннего сгорания прекрасно работают на E10. На «настоящем» этаноле могут работать только т. н. «Flex-Fuel» машины ("гибкотопливные" машины). Эти автомобили также могут работать на обычном бензине или на произвольной смеси того и другого. Бразилия является лидером в производстве и использовании биоэтанола из сахарного тростника в качестве топлива.

Основными преимуществами технологии получения смесевых бензинов являются:

- экономическая рентабельность (применение только одной гидродинамической смесительной установки для производства смесевых бензинов, биоэтанола, смесевого биодизеля за счет экономии может принести нефтеперерабатывающему заводу 3-5 миллионов долларов США в год при годовых объемах выпуска бензинов в один миллион тонн);

- снижение степени эксплуатации резервуаров (в силу сокращения потребности в резервуарных емкостях за счет ускорения технологического процесса, что может обеспечить экономии средств порядка 1-2 миллионов долларов благодаря отказу от строительства новых резервуаров);

- сокращение трудозатрат обслуживающего персонала и увеличение производительности завода;

- эффективное и оптимальное использование оборудования; простота смесительных процессов;

- сведение к минимуму влияния изменений в процессах переработки сырья на технологических установках нефтеперерабатывающих заводах на качество готовой продукции, получаемой со смесительных установок.

Более серьёзным является то, что при сгорании этанола в выхлопных газах двигателей появляются альдегиды (формальдегид и ацетальдегид), наносящие живым организмам не меньший ущерб, чем ароматические углеводороды. Причём, эти вещества появляются даже при использовании каталитических дожигателей.

В отечественной практике на автомобильном транспорте общественного и личного пользования широко применяют метан и пропан. Существует сеть заправок, что создает возможность расширения применения этого вида топлив. К достоинствам использования метана для автотранспорта относятся большие по сравнению с нефтью ресурсы и менее токсичный выхлоп. Однако существует проблема хранения сжатого газа на борту легковых автомобилей, так как для этого нужны легкие и прочные баллоны, изготовленные из композитных материалов, способных выдерживать давление до 20 МПа. Это ограничивает область применения автомобилей, рассчитанных на использование метана, в масштабе города.

По сравнению с бензином метан имеет следующие преимущества: последний в 1,5–2 раза дешевле, имеет более высокую детонационную стойкость, ресурс двигателя увеличивается примерно в 1,5 раза, а срок службы моторного масла возрастает вдвое.

Представители Renault совместно с французским Агентством по защите окружающей среды успешно работают над проектом использования диметилэфира – жидкого газа, который используется в виде аэрозоля. Этот газ можно использовать в автомобилях с дизельным двигателем, так как октановое число у него выше, чем у дизтоплива.

Эффективность применения топлив можно оценить по теплоте сгорания. По данным о стоимости различных видов топлив в Украине выполнены расчеты, которые сведены в табл. 1.

Таблица 1

Технико-экономические показатели разных типов топлив (данные 2005 года)

Тип топлива	Стоимость,		Теплота сгорания, МДж/кг	Стоимость энергии, грн/МДж
	грн/л	грн/кг		
Бензин А76	7,10	5,78	41,87	0,169
Бензин А95	7,95	5,96	44	0,181
Extra	8,30	6,47	46	0,180
Дизтопливо	7,60	6,38	41,90	0,181
Природный газ	4,90	3,72	36,63	0,134
Рапсовое масло	4,75	4,56	39,90	0,119
Биодизель	5,55	4,88	42,7	0,130
Водород	–	38	11,14	0,346

Согласно приведенным данным наиболее предпочтительным является применение природного газа и рапсового масла. Это направление использования энергоносителей имеет как экономические так и экологические преимущества.

Следующим направлением применения альтернативных топлив является производство биотоплива из растений или морских водорослей с помощью бактерий. Этот процесс требует нескольких промежуточных стадий перед переработкой в топливо. Процесс сбраживания медленный, рекомендуется использовать катализаторы.

Бактерии могут производить изобутанол (спирт) сразу, но в настоящее время более целесообразно использовать существующий и относительно недорогой химический процесс катализа, чтобы преобразовать газ изобутиральдегид в изобутанол (спирт). Кроме того, в процессе синтеза бактериями бутиральдегида, последний быстро испаряется из жидкостной среды, в которой живут бактерии, а потому не вредит им. После этого целевой компонент собирается в специальной емкости и ожигается под небольшим давлением.

В США разработаны методы генерации изобутиральдегида с использованием модифицированных бактерий. Бактерии с высокой эффективностью могут производить исходный компонент для создания перспективного жидкого топлива из поглощаемого ими диоксида углерода, и полагают, что последний может использоваться как один из альтернативных источников энергии. Принцип использования бактерий в качестве организмов, перерабатывающих вредные вещества или отходы производства в полезные компоненты, осваивается учеными уже очень давно.

Самым перспективным экологически чистым является водородное топливо. Продуктом горения водорода является вода, что видно из простого уравнения этой химической реакции  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ . Это и делает водород самым привлекательным видом топлива для автомобилей. В двигателе, помимо топлива, сгорает еще и масло, хотя и не в таких больших количествах. В настоящее время ведутся разработки таких двигателей, которые используют водород как напрямую, так и косвенно. Это и топливные элементы, и двигатели внутреннего сгорания, работающие на водороде. Результаты испытаний на токсичность автомобилей на водородном топливе показаны на рис. 2.

Топливные элементы являются аналогами существующих аккумуляторов в том смысле, что в обоих случаях электрическая энергия получается из химической. Но есть и принципиальные отличия:

- они работают только пока топливо и окислитель поступают от внешнего источника (т.е. они не могут накапливать электрическую энергию);
- химический состав электролита в процессе работы не изменяется (топливный элемент не нуждается в перезарядке);
- топливные элементы полностью не зависят от электричества (в то время как обычные аккумуляторы запасают энергию из электросети).

Каждый топливный элемент создаёт напряжение в 1В. Больше напряжение достигается последовательным их соединением. Увеличение мощности (тока) реализуется через параллельное соединение каскадов из последовательно соединенных топливных элементов. У топливных элементов нет жёсткого ограничения на КПД, как у тепловых машин. Высокий КПД достигается благодаря прямому превращению энергии топлива в электроэнергию. В дизель-генераторных установках топливо сначала сжигается, полученный пар или газ вращает турбину или вал двигателя внутреннего сгорания, которые в свою очередь вращают электрический генератор. Результатом является КПД максимум в 42%, чаще он составляет порядка 35-38%. КПД топливных элементов достигает 80%. Главная проблема топливных элементов связана с необходимостью наличия “упакованного” водорода, который можно было бы свободно приобрести. Топливные элементы ещё не настолько развиты, чтобы строить водородные заводы, но их прогресс немислим без этих заводов. Здесь же отметим проблему источника водорода.

Существует несколько способов производства водорода. В настоящее время около 50% водорода, производимого во всём мире, получают из природного газа. Все остальные способы пока стоят дорого. С ростом цен на энергоносители стоимость водорода также растёт, так как он является вторичным энергоносителем. Но себестоимость энергии, производимой из возобновляемых источников, постоянно снижа-

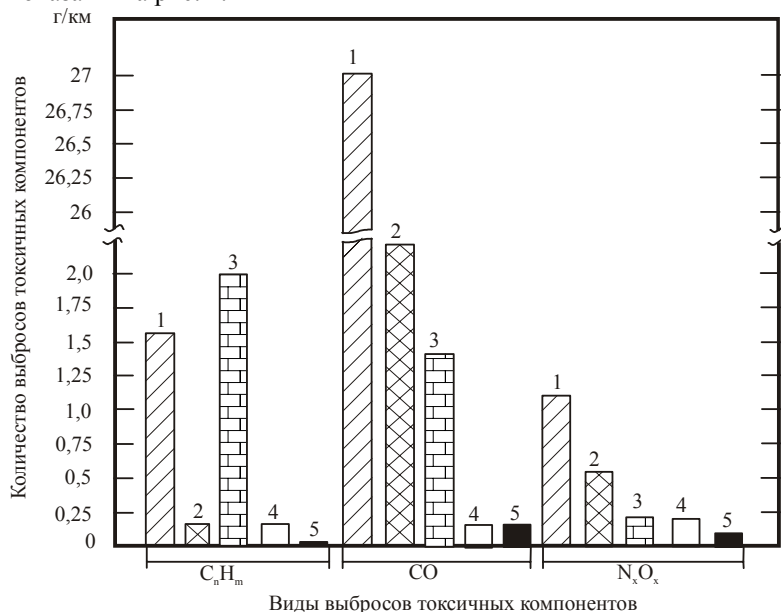


Рис. 2. Результаты испытаний на токсичность автомобилей на водородном топливе по американскому федеральному стандарту. 1 – серийный автомобиль Chevrolet. 2 – федеральный стандарт США. 3 – автомобиль Chevrolet с присадкой водорода. 4 – автомобиль Chevrolet, оснащенный нейтрализатором (с присадкой водорода). 5 – автомобиль с водородным двигателем.

ется. Таким образом, с ростом цен на энергоносители производство водорода электролизом воды становится более конкурентоспособным.

Более высокая себестоимость водорода, чем у традиционных источников топлива обусловлена:

- отсутствием водородной инфраструктуры;
- несовершенными технологиями хранения водорода;
- отсутствием стандартов безопасности, хранения, транспортировки, применения и т. д.

Для дальнейшего повышения эксплуатационной топливной экономичности и экологической безопасности автомобилей проводятся исследования по созданию принципиально новых гибридных топлив (в том числе на основе водорода, метанола, биотоплив и т.д.); созданию автомобилей с гибридными энергоустановками, включающими: водородные топливные элементы, высокоэкономичный однорежимный ДВС - генератор небольшой мощности и электропривод.

Проблемой является и выделяющееся тепло. Эффективность резко возрастет, если генерируемое тепло направить в полезное русло - произвести тепловую энергию для системы теплоснабжения, использовать в качестве бросового тепла в абсорбционных холодильных машинах и т.п. Однако эта задача сложно реализуется в условиях транспорта.

Opel Zafira с силовой установкой на водородных элементах мощностью 94 кВт в условиях Вашингтона потребляет 1,83 кг водорода на 100 миль пробега (160 км), то есть 4,3 литра бензинового эквивалента. Водород на заправочной станции Вашингтона продавался по цене \$4,75 за кг (данные за 2005 год).

National Renewable Energy Laboratory (США) в своих расчетах использует среднюю дальность пробега автомобиля 12000 миль в год (19200 км), потребление водорода – 1 кг на пробег 69 миль (96 км). То есть одному легковому автомобилю на водородных топливных элементах при среднем пробеге в год требуется 200 кг водорода или 0,55 кг в день. Один килограмм водорода считают равным по энергетической ценности одному галлону бензина (3,78 л).

На рис. 3 приведена сравнительная оценка влияния различных видов топлива на экологические показатели автомобильного двигателя с принудительным воспламенением относительно традиционного топлива – бензина.

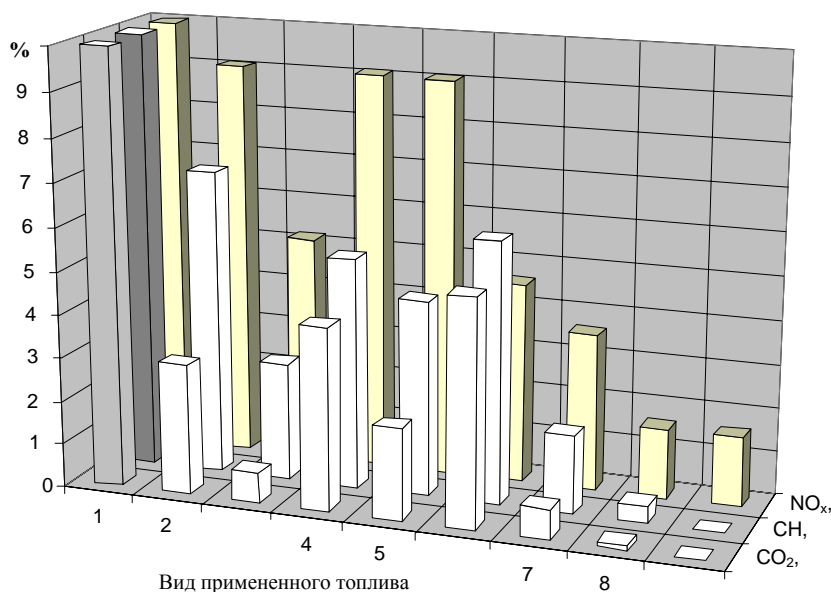


Рис. 3. Сравнительная оценка влияния альтернативных видов топлива на экологические показатели автомобильного двигателя с принудительным воспламенением: 1 – бензин; 2 – бензин + продукты его конверсии; 3 – бензин + H<sub>2</sub>; 4 – сжиженный нефтяной газ; 5 – сжатый природный газ; 6 – метанол; 7 – метанол + H<sub>2</sub>; 8 – синтез – газ (H<sub>2</sub>+CO); 9 – водород (H<sub>2</sub>).

Использование водорода не всегда приводит к сокращению общего загрязнения окружающей среды. Так, если использование альтернативных энергоносителей непосредственно на транспортном средстве и дает заметное сокращение выбросов, то производство этих видов энергии может сопровождаться значительным выбросом загрязнителей. Эта особенность должна обязательно учитываться при выборе приоритетных направлений инновационной деятельности в автомобильном транспорте. Доля экологического ущерба возрастает по мере увеличения использования автомобиля в городском цикле. Для традиционных топлив эта составляющая затрат достигает от 8-10% (2,8-2,9 долл./100 км) при 25-процентной доле пробега в условиях крупного города, до 13-15% (4,4-4,6 долл./100 км), если автомобиль использует

ся только в городских условиях. В случае использования водорода минимальный ущерб следует ожидать для безуглеродных технологий получения водорода – на базе высокотемпературного газоохлаждаемого ядерного реактора или возобновляемых источников энергии. В этих случаях стоимость ущербов составляет 1,8-2 долл./100 км, т.е. значительно ниже, чем для традиционных моторных топлив. Использование водорода, получаемого на базе паровой конверсии метана и газификации угля, несколько превышает ущербы при безуглеродных технологиях, но они существенно ниже, чем для бензина и дизельного топлива. Технология получения водорода на базе электролиза от энергосистемы характеризуется наибольшими выбросами в окружающую среду, что приводит к большим экологическим ущербам, достигающим 10-11% полных затрат на пробег автотранспорта.

В современных условиях целесообразно определить ожидаемые риски, которые могут возникать при коммерциализации водородных технологий. Ниже рассмотрено влияние двух категорий рисков: связанные со стоимостью энергоносителей для производства водорода и традиционных моторных топлив и отражающие влияние оценок экологического ущерба.

Таблица 2  
Сравнение затрат по традиционным и водородным технологиям автотранспорта на 100 км пробега, долл./100 км

Технологии	Стоимость топлива	Стоимость автомобиля	Итого без ущерба	Экологический ущерб при доле пробега в городском цикле, долл./100 км, %				Итого полные затраты при доле пробега в городском цикле, долл./100 км, %			
				25	50	75	100	25	50	75	100
Сжигание бензина	12,8	18,5	31,3	2,9	3,5	4,1	4,6	34,1	34,7	35,3	35,9
Сжигание дизельного топлива	6,8	20,7	27,5	2,8	3,4	4,0	4,5	30,2	30,8	31,4	32,0
Сжигание природного газа	6,4	19,3	25,7	2,8	3,3	3,9	4,4	28,5	29,1	29,6	30,1
Производство водорода - паровой конверсией метана; - газификацией угля; - термохимическим разложением	5,3	3,1	28,5	2,4	2,4	2,5	2,5	30,8	30,9	30,9	31,0
	3,4	23,1	26,5	2,8	2,8	2,9	3,0	29,3	29,4	29,4	29,5
	4,2	23,1	27,4	1,8	1,9	1,9	2,0	29,2	29,2	29,3	29,3

**Выводы.** Применение альтернативных топлив обеспечит снижение выбросов токсичных компонентов отработавших газов автомобилей. В мировой практике для автомобильного транспорта уже широко используют водород. Существует два направления использования водорода: его генерация на автотранспортном средстве и заправка водородом на дорожных станциях. Генерация водорода на транспортном средстве является независимой от внешних нетрадиционных источников топлива. Однако при этом требуется существенные изменения конструкции автомобиля. Более надежным решением является заправка автомобиля газообразным или жидким водородом. При этом требуется строительство заводов по производству водорода и строительство сети заправочных станций. Данное решение в ближайшие 10 лет в нашей стране не может быть реализовано.

Следующим альтернативным источником является биодизель и биоэтанол. Учитывая то, что в сельском хозяйстве Украины рапс уже выращивается на значительных площадях целесообразным является организация производства биодизеля. Использование биодизеля позволит снизить выбросы  $CO_2$  на 65-90% по сравнению с использованием традиционного топлива, уменьшит эмиссию твердых частиц с выхлопными газами и другие вредные выбросы.

В рассматриваемой статье впервые обоснована необходимость оценки стоимости энергоносителей как по их теплотворной способности, так и по экологическим последствиям от их применения.

## РЕЗЮМЕ

Визначено техніко-економічні показники використання різних видів палива на автомобільному транспорті. Виконано оцінку використання палива на автомобільному транспорті з урахуванням питомої вартості енергетичного еквіваленту та дії на навколишнє середовище. Показано, що використання водню у якості енергоносія дозволяє значно підвищити коефіцієнт корисної дії за рахунок впровадження паливних елементів. Розроблено концепцію врахування теплотворної здатності палив та екологічних факторів як елементу обґрунтування вибору енергоносіїв. Обґрунтована необхідність оцінки вартості енергоносіїв як за їх теплотворною здатністю, так і за екологічними наслідками від їх використання.

*Ключові слова:* навколишнє середовище, автомобільний транспорт, паливо, теплотворна здатність, водень, паливні елементи, виходи.

## SUMMARY

The technical and economical data of the use fuel are estimated for a motor-car transport. Application of different types of fuel for motor-car transport taking into account the specific cost of power equivalent and affecting environment is executed. It is noticed that the use of hydrogen as a power medium allows considerably to promote an output-input ratio due to introduction of fuel elements. Developed to conception of account of heating value and ecological factors as an element of ground to choose a power medium. Grounded necessity of estimation of cost of power mediums both after their heating value and after ecological to the consequences from their use.

*Keywords:* environment, vehicles, fuel, heating value, hydrogen, fuel element, air pollution.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Decner J. Going against the grain / J. Decner // Renewable Energy World. – 2008. – No 11-12. – P. 72-73.
2. Nicolas D. Bettig on biofuels / Denis Nicolas, Andreas Meiser, Alexandr Schwartz // Renewable Energy World – 2007. – No 11-12. – P. 76-85.
3. Высоцкий С.П. Применение сорбентов для очистки биодизельного топлива / С.П. Высоцкий, Д.Н. Бут // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. – 2008. – № 81. – С. 230-233.
4. Litman T.A. Transportation Cost and Benefit Analysis. Techniques, Estimates and Implications, Victoria Transport Policy Institute. – 2007. – № 2. – P. 30-31.
5. Васильев Р.Г. Перспективы развития производства биотоплива в России. Сообщение 1: биодизель / Р.Г. Васильев // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2007. – Т. 3, № 1. – С. 47-54.
6. Васильев Р.Г. Перспективы развития производства биотоплива в России. Сообщение 2: биоэтанол / Р.Г. Васильев // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2007. - Т. 3, № 2. – С. 50-60.
7. С.А. Карпов, Л.Х. Кунашев, А.В. Царев, В.М. Капустин. Применение алифатических спиртов в качестве экологически чистых добавок в автомобильные бензины // Нефтегазовое дело. – 2006. – № 2. – 12 с. – Режим доступа <http://www.ogbus.ru>
8. Thoenes P. Biofuels and Commodity Markets – Palm Oil Focus / P. Thoenes // Food and Agriculture Organization of the United Nations.Commodities and Trade Division. – 2006. – P. 18-29.

*Поступила в редакцию 08.06.2011 г.*