

АЛЬТЕРНАТИВА НАФТОПРОДУКТАМ

Різке зростання світових цін на нафту і нафтопродукти, хронічна залежність України від однієї країни — постачальника енергоносіїв і, як наслідок, критична ситуація з постачанням російського газу — усе це не тільки створило складні проблеми для вітчизняної економіки, а й становить серйозну загрозу національній безпеці нашої держави. Тому сьогодні так актуалізувався пошук альтернативних джерел енергії. Про деякі з них, що стосуються забезпечення паливом автотранспорту, йдеться у цій добірці.

АВТОМОБІЛЬ... НА ДРОВАХ

Під час оборони Києва влітку 1941 р. захисники нашої столиці цілодобово готувалися відбивати атаки ворога. Важливу роль відігравали тоді автомобілі, що вдень і вночі доставляли боєприпаси, вивозили поранених. Але для роботи моторів потрібен бензин, багато бензину, а його постачали передусім фронтовій техніці. Для тилових машин рідкого палива майже не залишалося. Ось тоді й набули поширення автомобілі, що працювали на дровах...

Фахівці називають їх газогенераторними, вони працюють не на рідкому, а на твердому паливі. Ці автомобілі використовувалися уже в 30-ті роки минулого століття.

Піонером у створенні вітчизняних газогенераторних установок традиційно визнають професора В.С. Наумова (Ленінград), котрий в 1923 р. сконструював першу установку У-1 для газифікації деревного вугілля. 1928 року на вантажному автомобілі італійського виробництва Fiat-15Ter (образ нашого «АМО-Ф15») з поліпшеною установкою У-2 влаштували шоу-пробіг з

Ленінграда до Москви та назад. Серійних установок тоді було розроблено багато. Газогенератори поділялися на стаціонарні, суднові (їх називали «газоходами»), «для малорухливих машин» (наприклад, екскаваторів) та автотракторні.

Як саме працює двигун газогенераторного автомобіля?

Спочатку згадаємо, що звичайний бензиновий двигун, власне, — газовий. Адже бензин потрапляє до циліндрів у вигляді пари, перемішаної з повітрям. Але як спалити в циліндрі двигуна дрова? Їх же неможливо перетворити на пару. Зате можна перетворити на суміш горючих газів. Необхідно лише, щоб деревна цурка пройшла так званий процес газифікації. А потім, змішавши горючі гази, що утворилися, з повітрям, можна одержати робочу суміш. Вона, звичайно, поступається бензиново-повітряній. Та коли немає іншого виходу...

Багато хто ще пам'ятає, який вигляд мав газогенераторний автомобіль. З боку кабінки звичайної вантажівки гордо височів «самомар». Водій виходив з кабінки, брав до



Газогенераторний автомобіль

рук кочергу й, відчинивши дверцята «самовара», починав шурувати. Точнісінько, як у домашній грубці. Цей «самовар» і є основним агрегатом усієї установки — газогенератором. У ньому деревна цурка (або інше тверде паливо — вугілля, торф) перетворюється на суміш горючих газів. Так само, як і в самоварі, паливо у газогенератор завантажується зверху. Однак, якщо розпалюючи самовар, у нього намагаються подати якнайбільше повітря (для цього встановлюють високу трубу), то тут, навпаки, горіння підтримують недостатчею повітря. Крім того, до повітря додають небагато води. Якщо дрова сирі, то воду не подають, її цілком достатньо і так.

Як саме перетворюються дрова або деревне вугілля на горючий газ? Процес газифікації з хімічного погляду вельми складний, оскільки багато реакцій відбувається одночасно, та ще й у різних напрямках. Але у спрощеному вигляді процес можна описати так. У нижній частині газогенератора — зоні горіння — частина вуглецю палива згоряє повністю — утворюється негорючий вуглекислий газ. Відзначимо, що виділене тепло розігріває зону горіння до 1200–1400 °С. Інша ж частина вуглецю згоряє неповністю, бо недостатньо повітря. При цьому утворюється горючий чадний газ — оксид вуглецю CO. Результат цієї реакції знайомий

тим читачам, які приватний будинок чи дачу опалюють грубкою. Прокинувшись вранці з головним болем, вони напевно знають, що ввечері надто рано закрили грубну заслінку і «вчаділи». Тобто отруїлися чадним газом.

Із зони горіння суміш газів потрапляє до зони відновлення. Тут паливо вже розігріте теплом згадуваних вище реакцій. У зоні відновлення отриманий раніше вуглекислий газ, стикаючись із вуглецем, відновлюється до окису вуглецю.

Тепер згадаємо і про воду. Її пари реагують із вуглецем — іде так звана реакція конверсії. У результаті одержуємо горючий чадний газ і водень. Водень, як відомо, дуже гарне паливо — не варто від нього відмовлятися. Заради нього, власне, і додавали воду. Відзначимо, що хімічні реакції в зоні відновлення відбуваються не з виділенням, а поглинанням тепла, тому температура тут нижча 1200 °С. Опустимо побічні реакції, в результаті яких у суміші газів з'являється ще й горючий метан CH₄. В остаточному підсумку суміш складається з оксиду вуглецю, водню, метану, кисню, вуглекислого газу та азоту.

Газ такого складу можна подавати у циліндри двигуна, попередньо його остудивши.

Подивимося, що відбувається в інших частинах «самовара». У камері, розташованій відразу за зоною відновлення, повільно обвуглюються деревні цурки. Під час обвуглювання з дерева видаляються, або, як кажуть хіміки, відганяються різні кислоти, деревний спирт і смоли. Звичайно, ні кислоти, ні смоли не можна вводити до двигуна. Але їх можна пропустити через зону горіння й одержати додаткову кількість чадного газу, метану та водню. У верхній частині газогенератора повільно підсушуються дрова.

Існують дві схеми газогенератора — пряма та обернена. У прямому газогенераторі повітря подається знизу, а отриманий газ відбирається зверху. Тоді продукти сухої перегонки дерева — кислоти, деревний спирт

і смоли — частково вилучаються із газом. Це, звичайно, позначається на роботі двигуна, його довговічності: так, смоли забруднюють труби установки, відкладаються на клапанах. Згоряючи, вони утворюють кислоти, які непоправно псують моторні оливи. Тому в такому газогенераторі можна використовувати тільки деревне вугілля. Але в прямої схеми є і позитивна властивість: відносно низька температура одержуваного газу. Отже, холодильник займає мало місця, установка стає компактною.

В оберненому газогенераторі (гази у ньому відбираються знизу) всі продукти, відігнані з деревини, проходять через зону горіння та згоряють у ній. Тож вони не забруднюють одержуваний газ, більше того, перетворюються на потрібні нам чадний газ, метан і водень. У такому газогенераторі можна спалювати паливо, зовсім непридатне для використання у прямому газогенераторі — торф, солом'яні брикети, лузгу тощо. Але й обернена схема генератора має недоліки: газ тут дуже забруднений золою. Саме для очищення газу і слугує другий «самовар», установлений з іншого боку кабіни водія. Цей другий, громіздкий, «самовар» — не що інше, як фільтр тонкого очищення газу від золи. Крім того, температура газу дуже висока, його доводиться охолоджувати у більших холодильниках (їх монтують під кузовом).

Звичайно, застосування газогенераторних автомобілів — лише тимчасовий вихід з кризи. У роки війни це диктувалося жорсткою необхідністю. У наш час побачити такий автомобіль або трактор можна тільки на далеких лісорозробках Росії, де є надлишок твердого (дров, вугілля або сланців) і брак рідкого палива. Відомі нині процеси газифікації вугілля, за допомогою яких промисловість забезпечується горючим газом, нічим, власне, не відрізняються від тих, які відбуваються у газогенераторі автомобіля, що працює на дровах.

Автомобільні бензинові двигуни, коли їх переводили на генераторний газ, дещо втрачали у потужності. Якщо врахувати те, що газогенератори мали значні масу та габарити, то стає зрозумілим, чому експлуатаційні параметри газогенераторних автомобілів порівняно з їхніми бензиновими «побратимами» знижувалися. Як приклад, наведемо відомості про поширений свого часу автомобіль ГАЗ-42. Потужність газогенераторного двигуна сягала 30 кінських сил (к.с.) проти 40 у бензиновій моделі. Однієї «заправки» дровами вистачало всього лише на 45–50 км шляху.

У СРСР широке використання газогенераторів для потреб оборони та народного господарства згорнули на межів'ї 50–60-х років минулого століття. Однак з огляду на перспективу скорочення (на думку оптимістів) або припинення (на думку песимістів) застосування нафтового моторного палива, газогенераторні установки для автомобілів знову можуть повернутися до України.

ПОВЕРНЕННЯ ПАРОВОГО ДВИГУНА?

Ми давно звикли до того, що поняття «автомобіль» та «двигун внутрішнього згорання» (ДВЗ) пов'язані нерозривно. Але так було не завжди. Понад століття тому, на зорі автомобілізму, у ДВЗ був дуже серйозний конкурент — двигун із зовнішнім згоранням. Або, простіше кажучи, парова машина. Більше того, епоха тотальної «мобільності» в історії людства почалася зовсім не з паротягів або пароплавів, а саме з парових автомобілів!

Першу універсальну парову машину з автоматичною подачею води до котла-пароутворювача побудував у 1764 р. російський теплотехнік Іван Ползунов. А через 5 років з'явився і перший паровий автомобіль-візок. Його створив французький інженер Ніколя Кюньо. Автомобіль перевозив 2,5 тонни вантажів зі швидкістю пішо-



Перший паровий автомобіль-візок

хода — 4 км за годину. Візок Кюнью, згодом — парові самоходи були важкими і не могли легко пересуватися по м'якому ґрунту. Тому для них почали прокладати рейкові дороги. Ось так парові автомобілі перетворилися на паротяги. А для коліс тих автомобілів, що залишилися власне автомобілями, винайшли широкі ободи. Коли ж з'явилися гумові шини, то автомобілі з досить потужними двигунами — до 20 к. с. і вище — почали розвивати на ґрунтових дорогах та європейських бруківках цілком пристойні швидкості. Приблизно до 1830 р. було побудовано автобуси-карети з 18 пасажирськими місцями. Вони досягали швидкості до 20 км за годину.

Наприкінці ХІХ ст. замість вугілля та дров у печах парових котлів почали спалювати рідке нафтове паливо. На той час парові екіпажі здавалися досить перспективними. Варто сказати, що рубіж швидкості — 200 км/год — вперше подолав 1911 року саме паровий автомобіль за назвою «Ракета».

У 30-ті роки минулого сторіччя парові автомобілі залишалися поширеними фактично в тих районах світу, де відчувалася нестача нафтового моторного пального для ДВЗ. Так, у Південній Америці, Індії, Австралії та Південно-Африканській Республіці працювали сотні невибагливих автомобілів, здатних «переварити» будь-яке місцеве паливо. Із промислово розвинених країн лише Велика Британія продовжувала вперто ви-

пускати парові автомобілі. В 1935 р. їхній річний випуск становив 3,5 тис. шт. Англіїці широ переконували себе, що жоден бензиновий автомобіль не може зрівнятися з паровими екіпажами за плавністю їхнього ходу, надійністю, безшумністю...

Але швидкість, легкість й економічність бензинових автомобілів брали гору. Автомобілісти всього світу іронізували над консерватизмом британців. Утім, і в інших європейських країнах час від часу збирали парові авто та переконувалися в їхніх беззаперечних перевагах. Так, Коломенський завод випустив кілька десятків дорожніх парових автомобілів потужністю 110 к. с. Вони працювали на будівництві залізниці Хабаровськ — Благовещенськ та Дніпрогесу. У 1935 р. було виготовлено навіть перший радянський гусеничний трактор з паровим двигуном. А югославські фахівці сконструювали паровий танк, що продемонстрував відмінні тактико-технічні властивості. Однак, як правило, далі дослідних зразків справа не йшла.

У період Другої світової війни та в енергетично скрутні повоєнні роки перед паровими автомобілями почали відкриватися нові перспективи. Багато країн (і наша також) тоді серйозно займалися паровими та газогенераторними автомобілями — не виснажало рідкого палива. Наприклад, у 50-х роках вітчизняні конструктори розробили кілька типів парових вантажівок «НАМІ». Деякі з них успішно працювали на лісорозробках. Але розвинути цю справу не судилося, бо саме тоді різко зріс випуск дизельних вантажівок, які перевершували парові за економічністю.

Однак нині інтерес до парових автомобілів відроджується. Спочатку їх конструювали та збирали невтомні аматори на базі серійних бензинових двигунів. Так, наприкінці минулого століття багато часописів обійшов знімок парового «Фольксвагена». Під капотом звичайнісінького, знайомого

всім «жука», розміщувався паровий двигун, перероблений із підвісного двигуна човна. Водяна пара в його циліндри подавалася через отвори для свічок запалювання. Його двигун розвивав потужність 200 к. с. і важив він разом з котлом набагато менше, ніж знятий бензиновий двигун «Фольксвагена»! Певно, наснажившись успіхом аматорів, потужні автомобільні фірми світу одна за іншою почали випускати експериментальні парові автомобілі. Найбільші серед випущених автомобільних парових двигунів потужністю 700 к. с. важать разом з котлом і нагрівачем 300–350 кг. Вони приблизно на 40% легші від бензинових двигунів такої самої потужності та в 3–4 рази легші дизелів. За економією палива ці машини близькі до дизельних. Працюють на будь-якому паливі (вугілля, природний чи супутній нафтовий газ тощо). На сильному морозі легко запускаються. Практично нетоксичні, дешевші у виготовленні, можуть їздити без капітального ремонту понад 10 тисяч годин... Всі ці цифри свідчать про те, що історія парових автомобілів нині ще далека від свого завершення.

Сучасна паросилова установка для автомобіля принципово нічим не відрізняється від елементарної парової машини, яку вивчають у шкільному курсі фізики: котел → парогенератор → циліндро-поршневий двигун → конденсатор пари. Парогенератор являє собою маленький трубчастий котел. У ньому робоча рідина випаровується теплом, наприклад, керосинового (гасового) пальника. А сам пальник запалюють за допомогою звичайної електричної свічки. Як робоча рідина найчастіше використовується традиційне джерело пари — вода. Але у воді є загальновідомий недолік: вона замерзає за 0 °С. Тому конструктори парових двигунів пропонують використовувати в замкнутій системі паротворення фреони, що не замерзають і за нижчої температури. Застосовуючи як робочу рідину фреон, вод-



Макет англійського парового автомобіля Inspiration. Його конструктори переконані у тому, що найближчим часом перевищать швидкісну межу в 320 км/год

ночас розв'язують ще одну важливу технічну проблему — змащення циліндро-поршневої групи двигуна. Зазначимо, що деякі найбільш розроблені вузли у силовій установці автомобіля запозичено з космічних енергоустановок. Наприклад, нову схему конденсації пари свого часу було створено саме для космічних паросилових установок. Важливе в цій схемі — заміна громіздкого теплообмінника-конденсатора на зовсім мініатюрний сопловий конденсатор. Нині фахівці Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України переймаються думками щодо можливості використання у паровому двигуні найсучаснішого палива — диметилового етеру. Цей етер, як відомо, удостоєно красномовної назви — паливо XXI століття.

Порівняно з бензиновими та дизельними двигунами головна перевага парових машин — у значному скороченні викидів шкідливих речовин. За умови точного регулювання співвідношення палива та повітря керосин у пальнику практично повністю згоряє до діоксиду вуглецю та води. Крім того, паровий двигун на зупинках відразу ж припиняє свою роботу, тоді як бензиновий може

працювати на холостому ході — одному з найбільш токсичних режимів. Паровий двигун реалізує плавну зміну обертового моменту: легко зрушує автомобіль з місця за найменшої подачі пари, тож відпадає потреба у масивній коробці передач. Цей двигун реверсивний: досить поворотом елегантного крана змінити напрям подачі пари — і паровий автомобіль поїде у зворотний бік. Отже, немає потреби у передачі заднього ходу. Колінчатий вал машини з'єднують прямо із заднім мостом автомобіля. При цьому стає непотрібним зчеплення з карданним валом. Зрештою, можна скласти довгий список неодмінних атрибутів бензинових автомобілів, без яких обходиться паровий: стартер, карбюратор, система газорозподілу, запалювання тощо. Все це спрощує експлуатацію, з дешевлює виробництво, підвищує надійність автомобіля.

Що завадить масовому поширенню парових автомобілів? Саме те, що спричинило б кардинальну трансформацію автомобільної та нафтопереробної промисловості. Довелося б згорнути добре налагоджене виготовлення бензинових і дизельних двигунів, скорочувати виробництво дорогих нафтопродуктів, яких замінять керосин та інші дешеві види палива. Звісно, що в цьому вкрай не зацікавлені нафтові компанії. Тому саме вони й виступають головними супротивниками парових автомобілів. Таку позицію не можна визнати далекоглядною, якщо виходити з державницьких інтересів. Домінування бензинових і дизельних автомобілів все одно мине, оскільки енергетична скрута вже стукає у двері багатьох країн.

ВОДЕНЬ — МОТОРНЕ ПАЛЬНЕ

«Водень — паливо майбутнього», — так нині стверджують фахівці. У багатьох країнах світу дослідження з водневої енергетики є пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки. Так, США здійснюють дві грандіозні національні про-

грами — «Автомобіль без нафти» та «Свобода від палива». Мета Сполучених Штатів — стати незалежними від імпорту нафти. Адже всім зрозуміло, що запаси нафти і газу скінченні. Тож фахівці роблять прогнози: через скільки років це станеться — через 25—30 чи 50? Але ж рано чи пізно це трапиться!

Першим паливом для автомобіля майбутнього став водень. З метою розробки транспортних засобів на водневих елементах уряд США виділив 1,7 млрд і на виробництво водню з вугілля — 1,2 млрд дол. До цього треба додати близько 1 млрд дол., які щорічно надходять від комерційних структур. До 2020 р. будь-який пересічний житель США повинен мати можливість купити автомобіль на водневому паливі за тією самою ціною, що й на бензині. Країни Євросоюзу запланували витратити на дослідження і розробки в галузі водневої енергетики 5 млрд, Японія — 4 млрд доларів. Аналогічними дослідженнями з водневої енергетики за вищої державної підтримки займаються фахівці Австралії, Індії, Канади, Китаю. В Росії набирає обертів спільна програма Російської академії наук і гірничо-металургійного комбінату «Норильський нікель». Для її виконання задіяно приватний капітал, який щороку інвестує до 40 млн дол. Гарантовано й державну підтримку — близько 80 млн рублів.

Чим спричинено такий, можна сказати, планетарний бум? А тим, що воднева енергетика — альтернатива вуглеводневій; при тому вона екологічно чиста, адже, згоряючи, водень дає тільки воду. Однак нинішні технології (як виробництво власне водню, так й одержання з нього електроенергії) ще надто далекі від досконалості. Щоправда, гіганти хімічної індустрії і сьогодні вже отримують до 500 млрд м³ водню на рік. Одна половина його кількості йде на аміачні добрива, інша — на виробництво сталі, скла, маргарину тощо. Здебільшого водень

одержують паровою конверсією природного газу: метан за високих температур (900 °C) реагує з водяною парою за наявності каталізаторів. Поки що такий водень найдешевший (його ціна приблизно втричі нижча, ніж в електролізного). Дослідження останніх років показують, що ціну водню можна зменшити ще вдвічі.

Здавалося б, найпростіший спосіб одержання водню — це знайомий ще зі шкільної лави електроліз води. На його виході маємо тільки водень і кисень. Але ефективність цього процесу також не надто висока: потрібно витратити близько 4 кВт/год електроенергії, щоб отримати 1 м³ водню, а це дасть 1,8 кВт/год у паливному елементі автомобіля. І все ж електроліз води залишається перспективним шляхом одержання водню. Для цього можна, приміром, використовувати енергію атомних електростанцій у нічні години (тобто у період малих навантажень) і поновлювані джерела енергії (сонячні батареї, енергію вітру та річок, морських припливів тощо). Нині біологи активно розробляють ще один напрям — одержання водню у процесі фотосинтезу за допомогою окремих штамів бактерій, водоростей тощо.

Паралельно з технологічними проблемами «добування» водню слід розв'язувати й інші, передусім створювати спеціальну інфраструктуру, що забезпечить його зберігання та перевезення. Це теж непросте завдання, оскільки водень легко займається і вибухає за умови контакту з киснем повітря.

Автомобілі на водневому паливі умовно поділяють на три групи: зі звичайним двигуном внутрішнього згорання (він працює на водні або суміші водню з вуглеводневим паливом); з електродвигуном, що живиться від двигуна внутрішнього згорання (працює на водні); з електричним двигуном, де енергію дає паливний елемент.

Перший тип автомобіля використовує двигун, що працює на чистому водні або ж

на звичному вуглеводневому паливі з домішками водню (5–10%). В обох випадках коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна зростає. Вихлопні гази стають набагато чистішими (CO і CH_x зменшується в 1,5, а NO_x — до 5 разів). Такі автомобілі у 70-х роках пройшли випробування в Україні і за кордоном. Однак вони — лише перехідний етап на шляху до створення другого типу машини. Цей автомобіль — із двома енергоносіями, або гібридний. Енергію йому постачає буферний накопичувач (це можуть бути акумуляторні батареї) та двигун внутрішнього згорання, що працює на водні або бензиновій суміші з воднем. Загальний ККД такого автомобіля збільшується до 30%. Кількість шкідливих викидів легко вкладається у сучасні норми вимог «Євро-5».

Справжній водневий автомобіль працює від електродвигуна, що живиться від розташованого на його борту паливного елемента. Теоретично ККД паливного елемента може досягати 85%, сьогодні це близько 75%. Проте і ця цифра більш як утричі вища, ніж у кращих двигунів внутрішнього згорання. Але й тут є одна важлива проблема: водень до паливного баку не наллещ. Розглядається низка варіантів для її розв'язання. Наприклад, можна зберігати водень у своєрідних акумуляторах на основі гідридів різноманітних інтерметалевих сплавів. З них, у міру потреби, водень поступово вивільнюється. Для цього варіанта маса водню в загальному об'ємі речовини (так зване аспектне число) становить усього лише 5%. Але виникає проблема зі швидкістю вивільнення водню.

Можна зберігати водень й у рідкому стані. Однак, по-перше, це потребує його охолодження до температур, близьких до абсолютного нуля, а по-друге — заправлений у такий спосіб автомобіль мусить якомога оперативніше витратити своє паливо. Є і такий перспективний напрям — зберігати водень

у так званих наноструктурах (вуглецеві нанотрубки), але ці дослідження поки що на початковій стадії. Найперспективніший напрям — це зберігання водню у балонах високого тиску (понад 350 атм, аспектно число до 18%) або одержання його прямо на борту автомобіля з іншого палива (метанолу чи рідких вуглеводнів: бензину, солярки тощо) у спеціальних каталітичних реакторах (аспектно число до 10%). Такі системи вже розроблено у низці країн і за їх розумних габаритів вони забезпечують запас водню для автопробігу в кілька сотень кілометрів. Аналогічні дослідження ведуться і у нас, зокрема в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України. Є й інші технічні рішення. Наприклад, кілька російських інститутів розробили малогабаритні каталітичні конвертори для плазмокатоалітичного одержання водню на борту автомобіля з вуглеводнів. У зберіганні водню є ще один позитивний досвід: забезпечення ним аерокосмічної галузі. Нині його також можна використати для розвитку водневого автотранспорту.

Ключова деталь у новому автомобілі — паливний елемент. Він перетворює хімічну енергію окиснення водню на електричну. Батарея такого елемента складається з кількох десятків електрохімічних комірок. Кожна — приблизно до сантиметра завтовшки. Тільки так можна отримати необхідні силу струму та напругу. Комірка складається з двох електродів, розділених електролітом. До одного електрода (анода) підводиться паливо (водень), до другого (катода) — окиснювач (кисень повітря). Розроблено також систему видалення продукту реакції — води. Для прискорення хімічної реакції поверхню електродів неодмінно покривають каталізатором. Катод і анод розділено електролітом. Ним може бути полімер або розчин, що пропускає іони та не пропускає електрони. На аноді водень розпадається на електрони і протони. Останні проходять

через електроліт і досягають катода, де сполучаються з киснем, — утворюється вода. Електрони рухаються до зовнішньої частини комірки, там потрапляють в електричний контур, куди вже можна приєднувати навантаження.

Нині існує багато різних типів паливних елементів. В основному вони різняться за природою електроліту та робочою температурою. Найперспективніший електроліт — із твердої протонопровідної мембрани. Він має безліч переваг: його не розчиняє вода, що утворюється під час роботи паливного елемента, такий електроліт відносно просто виготовляти у промислових масштабах. Більше того, паливний елемент на твердому електроліті працює за низьких температур (80 °С). Основна проблема — його вартість. Десятиліття тому вона була високою — через платину (каталізатор), що покриває електроди. За останні роки її необхідну масу вдалося зменшити вдвічі. Крім того, виявлено каталізatori на основі інших металів, серед них і дешевші. Тепер найдорожчою частиною став електроліт — мембрана «Nafion», яку виробляє американська фірма «Дюпон». Нині її вартість близько 600 євро/м². Так, для батареї потужністю 100 кВт потрібні десятки квадратних метрів такого полімеру. Зараз Санкт-Петербурзьке НВО «Пластполімер» випускає перевірену мембрану марки МФ-4СК, що у кілька разів дешевша американського аналога.

Серед лідерів у розробці твердополімерних паливних елементів для екологічно чистого автомобіля (батареї потужністю до 280 кВт) — канадська фірма «Ballard Power Systems». Вона вже успішно випробувала свою продукцію в авто фірм «Daimler Chrysler», «Ford Motor», «GM», «Honda», «Hyundai», «Nissan», «Volkswagen», «Toyota».

Попри всі перелічені труднощі, незабаром у повсякденне життя більшості громадян увійдуть автомобілі з паливними еле-

ментами на водні. Занадто великі політичні ставки та вкладені кошти в їхню розробку. Пріоритетні напрями досліджень західних фірм — паливні елементи малої потужності (від 500 Вт до 5 кВт) для автомобілів, автобусів, портативних комп'ютерів і житлових будинків. Поки що, як ми переконалися, паливні елементи далекі від досконалості та й коштують недешево. Так, для автомобіля вони на порядок дорожчі від стандартного двигуна внутрішнього згорання.

Світовий бум у галузі водневої енергетики на автотранспорті не може не привернути увагу вітчизняних фахівців. Адже чимало науково-дослідних інститутів Києва та Харкова в 70-х роках минулого століття успішно працювали у цій галузі науки і техніки. Економічна скрута різко загальмувала ці дослідження. З метою їх активізації, координації та подальшого розвитку доцільно створити програму з питань водневої енергетики. Її виконання дало б змогу і нашим фахівцям зробити свій внесок у розв'язання цієї глобальної та надто важливої проблеми.

ДИМЕТИЛОВИЙ ЕТЕР — ПАЛИВО ХХІ СТОЛІТТЯ

Найгостріша екологічна проблема великих міст — прогресуюче забруднення повітряного басейну шкідливими викидами двигунів внутрішнього згорання. Саме автомобільний транспорт лідирує за негативними впливами на навколишнє середовище: забруднення атмосферного повітря — до 80%, дія на кліматичні умови — до 65%. З несприятливими факторами довкілля центральних районів Києва пов'язано 30—35% випадків різних захворювань. Токсичні викиди у повітря скорочують тривалість життя мешканців великих міст на 8—10 років. У 2005 р. автомобільний парк України налічував понад 7 млн автомобілів. І тут пригадаймо, що на одну тонну витраченого палива викиди токсичних компонентів у відпрацьованих газах автомобілів переви-

щують: 40 кг оксидів вуглецю, 30 — рідких вуглеводнів, 30 — оксидів азоту, до 20 кг твердих часток сажі та канцерогенних поліциклічних сполук.

Такі відомі способи зниження токсичності двигунів, як застосування каталітичної обробки вихлопних газів, альтернативних палив (біоетанол, етери ріпакової олії, природний газ) не сприяють радикальному розв'язанню зазначеної проблеми. Одним із виходів може стати пристосування двигунів до роботи на новому альтернативному паливі — диметиловому етері (ДМЕ).

ДМЕ почали сприймати як перспективний енергоносіє порівняно недавно. В 1995 р. група відомих фірм («Amoco Corp.», «Haldor Topsoe A/S» й ін.) на Всесвітньому конгресі-виставці в Детройті (США) представила серію доповідей. Вони переконували, що ДМЕ — екологічно чисте дизельне паливо. У наступних публікаціях цей етер уже фігурує за назвою «Дизельне паливо ХХІ ст.». Хоча за енергоємністю ДМЕ у півтора рази (на одиницю маси) поступається традиційній солярці, але за іншими показниками його перевага беззаперечна: цетанове число становить 55—60 проти 40—45, температура запалювання — 235 °С, а не 250 °С, як у дизельного пального. До того ж властивості ДМЕ забезпечують бездимне горіння палива, хороший холодний пуск двигуна, зниження рівня шуму. Та головна перевага ДМЕ як дизельного пального — екологічно чистий вихлоп. Вміст токсичних компонентів у ньому (без застосування каталітичної обробки вихлопних газів) задовольняє екологічні вимоги європейських норм «Euro-3» та «Euro-4». Не має принципних утруднень й адаптація автотранспорту до нового палива, оскільки за фізичними властивостями ДМЕ близький до пропан-бутанових газових сумішей. Тож можуть бути використані вже відпрацьовані умови їхнього зберігання і транспортування.

Окрім переліченого вище, розрахунки японських дослідників показали, що застосування ДМЕ як палива для газотурбінних установок є більш економічним, аніж зрідженого нафтового або стисненого природного газу. Відзначимо також, що ДМЕ легко деградує в атмосфері. Тож може служити заміником фреонів — основних «шкідників» озонових шарів атмосфери. Можна також застосовувати ДМЕ з метою одержання чистого водню для використання у паливних елементах — електрохімічних генераторах автомобілів близького майбутнього. Іншими словами, сфера споживання ДМЕ як енергоносія дає потужний стимул для розгортання його виробництва у великому масштабі. А це, у свою чергу, створює передумови для концентрації зусиль дослідників на методах його синтезу.

Ученими Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України (лабораторія кандидата хімічних наук В.А. Бортишевського) розроблено ефективні лабораторні процеси одержання ДМЕ та високооктанового бензину (через вихідний ДМЕ). Виробництво диметилового етеру здійснюється у дві стадії: одержання синтез-газу із вугілля чи природного газу (суміш оксидів вуглецю та водню) і далі — каталітичний синтез ДМЕ із синтез-газу. Обидві стадії реалізуються за підвищеного тиску (50–60 атм). Технологія отримання ДМЕ близька до відомої технології виробництва метанолу. Попередні оцінки засвідчують, що з 1 тис. м³ природного газу можна одержати близько 0,8–0,9 т ДМЕ або 0,3–0,4 т бензину. Такий бензин (октанове число 92) має високі екологічні характеристики, наприклад, вміст ненасичених вуглеводнів у ньому —

близько 0,1%. Ця прогресивна технологія промисловістю поки що не освоєна.

Способи прямого одержання ДМЕ із синтез-газу пропонують також фірми МКК (Японія) і Haldor Topsoe (Данія) (їх уже реалізовано на рівні пілотних установок). У Росії за аналогічною технологією побудовано пілотну установку потужністю — 200 кг/добу з подальшим перетворенням ДМЕ на бензин. Існують також установки з одержання бензину з метанолу. Найбільшу активність у цьому напрямі виявляють зарубіжні компанії Shell, Exxon Mobil, Sintroleum, Copoco, Sasan.

Чи доведемо ми передові розробки наших учених до виробництва, чи тупцюватимемо на місці, поки нас не обженуть інші? Пригадаймо у В. Висоцького: «Хорошо — среди бегущих первых нет и отстающих»...? Але коли нас наздоженуть «бегущие», буде вже пізно.

Зрозуміло, що Україна має поспішати з розв'язанням проблеми альтернативних палив (бензин із вугілля та газу, біоетанол, ріпакова олія, скраплений і стиснені гази, воднева енергетика тощо). До вирішення цього завдання повинні активно долучитися не тільки вчені, а й керівники держави.

З чергового радіозвернення В.А. Ющенко приємно було дізнатися, що в Україні все-таки буде створено Агентство з питань енергозбереження. Йдеться про структуру, яка сконцентрує всі проекти, пов'язані з раціональним використанням енергоресурсів, альтернативними джерелами енергії, розвитком системи вітчизняного видобутку нафти та газу.

Г. КОВТУН,
член-кореспондент НАН України,
заступник директора Інституту
біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України