

УДК 629.113.621.311.68  
PACS 62.25.+g

## ІННОВАЦІЙНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

А. Пабат, В. Кирєєв, Д. Мухіна

*Дніпродзержинський державний технічний університет  
вул. Дніпробудівська, 2, 51918 Дніпродзержинськ, Україна  
e-mail: pabat@ukr.net*

Доведено доцільність і потреба в негайному використанні інноваційних технологічних заходів у національному автомобілебудуванні. Серійний автомобіль з ефективною інноваційною системою запалення перезбіднених паливно-повітряних сумішей і відповідними екологічними та економічними характеристиками цілком міг би зайняти гідне місце серед добре відомих моделей, забезпечивши цим вихід на світові ринки конкурентноздатної високотехнологічної продукції.

**Ключові слова:** альтернативні енергоносії, екоенергетичний цикл, наноструктурні та аморфні метали, світова економічна криза.

Процес індустріалізації всіх країн світу забезпечується насамперед загальним зростанням споживання енергії та супроводжується розвитком транспорту, зокрема автомобільного. Щорічний загальносвітовий випуск автотранспортних засобів (АТЗ) на початку ХХІ століття перевищив 60 млн одиниць при промисловому потенціалі 75 млн і завдання створення і освоєння виробництва АТЗ, що дозволяють корінним чином вирішити проблеми екології і економії органічних енергоресурсів виявляється пріоритетним. На рис. 1 представлено динаміку подушнього споживання нафти у ХХ і на початку ХХІ століття в США, Японії, Південній Кореї, Китаї та Україні.

Виявляється, що після досягнення у 1980 році максимуму споживання до 4,2 т/жителя-рік у США та 2,5 т/жителя-рік у Японії і Південній Кореї, спостерігається деяке скорочення за рахунок енергозбереження, що може дозволити собі тільки країна з потужною індустрією. У США споживання нафти стабілізувалося на рівні 3,5 т/жителя-рік, а в Японії і Південній Кореї на рівні 2,3 т/жителя-рік, дещо на більшому рівні (2,5 т/жителя-рік) стабілізувалося споживання нафти у Європі. Хоча в Китаї подушне споживання нафти менше 0,3 т/жителя-рік, з урахуванням 1,3 млрд населення країни загальне споживання перевищує 300 Мт/рік — друге після США споживання нафти у світі. Китай та Індія із загальною чисельністю населення майже 2,5 млрд, здійснюють потужний економічний прорив

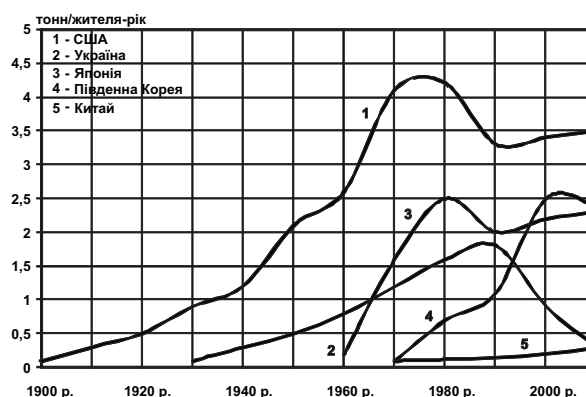


Рис. 1. Динаміка подушного споживання нафти

до індустріалізації та стають великими споживачами нафтопродуктів, збільшуючи попит, що виявляється одним з визначальних чинників, які призводять до зростання світових цін на нафту [1]. В Україні у період індустріалізації з 1930 по 1990 р. подушне споживання нафти досягало 1,7 т/жителя-рік, а в Росії — близько 2,0 т/жителя-рік, проте після 1990 р. Україна разом з іншими країнами СНД “уперше в світі” здійснила не тільки “перехід від соціалізму до капіталізму”, але й обвальну необоротну деіндустріалізацію, виробництво у машинобудівних галузях зменшилось в рази, скоротилися обсяги транспортних перевезень, особливо авіаційних та автомобільних і в результаті “обвалу” подушне споживання нафти впало до 0,3 т/жителя-рік.

Значний вплив на ефективність використання автомобілів спричиняє щільне завантаження міських магістралей, де переважно і експлуатуються автомобілі, внаслідок того, що тривалість руху зі сталою швидкістю не перевищує 30–40 %, а тривалість розгону та уповільнення досягає 50–70 % загального часу руху автомобілів (рис. 2).

Такий режим руху вкрай неефективний, тому що під час гальмування кінетична енергія руху перетворюється в тепло — дисипується, а на її відновлення при наступному розгоні витрачається лівова частка палива і жодна організація руху не може істотно поліпшити ситуацію, оскільки проблема закладена в архітектурному дуалізмі — необхідності співіснування пішоходів та автомобілів. Багатоарусні транспортні розв’язки, інтелектуальне світлофорне регулювання, супутникова навігація та інші досить дорогі заходи малоефективні — час простоїв у Токіо суттєво більший, ніж у Києві за майже цілковитої відсутності зазначених заходів (рис. 2).

Сучасний автомобіль з могутнім двигуном вкрай неекономічно витрачає паливо, запаси якого далеко не безмежні. За останніми даними, відомі запаси нафти в світі складають близько 170 млрд тонн, а у 2009 р. її добули більше 4 млрд тонн,

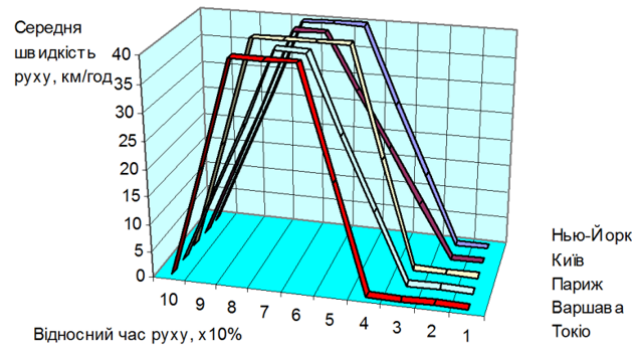


Рис. 2. Відносна тривалість розгону, стаціонарного руху, гальмування і простоїв автомобілів у деяких столицях світу

то, на думку авторів “Римського звіту”, при нинішньому рівні споживання її запасів вистачить всього на 30–40 років. З іншого боку, для їзди по місту велика потужність двигуна не потрібна, однак для забезпечення прийнятної динаміки конструктори воліють встановлювати навіть на легкові автомобілі двигуни об’ємом 3–5 і більше літрів, ефективність використання яких (відношення середньої потужності двигуна до максимальної) не перевищує 15–20 % [4]. Раціональний вихід з ситуації, що створилася, на найближчі 30–50 років полягає, очевидно, у використанні концептуальних технічних рішень, які забезпечують радикальне зменшення витрати палива і, отже, кількості шкідливих викидів. Вважають, що використання альтернативних автомобільних палив і електроенергії здатне значною мірою зменшити шкідливу дію на екосферу від експлуатації АТЗ. Зокрема, досить стійка настійно інспірована автовиробниками помилка, ніби електромобіль, (тролейбус, трамвай) — екологічно абсолютно нешкідливий вид транспорту. Проте їхня екологічна чистота тільки удавана. Справді, за електромобілем немає хмари відпрацьованих газів, але електроенергія, яку він споживає, виробляється електростанціями, які використовують органічне чи атомне паливо, яке потрібно добути, привезти, переробити. І на всіх етапах — неминуче забруднення навколишнього середовища.

Спробуємо врахувати всі обставини виробництва, транспортування, використання при експлуатації автотранспорту різних палив упродовж повного технологічного екоенергетического циклу. Класичним вважатимемо цикл бензину, представлений на рис. 3 послідовними процесами видобутку нафти, її транспортування, переробки і перетворення енергії на автомобілі, супроводжуваний на кожній стадії неминучими екологічно небезпечними компонентами.

Скористаємося апробованою в [4–6] методикою досліджень екологічного впливу стосовно середньостатистичного конкретного автомобіля, переважно національного, наприклад, ЗАЗ-1102 “Таврія”. На рис. 4 показано середні цінні складові екологічної шкоди при видобутку, переробці та гіпотетичному використанні деяких традиційних і альтернативних енергоносіїв у розрахунку на 1 км пробігу

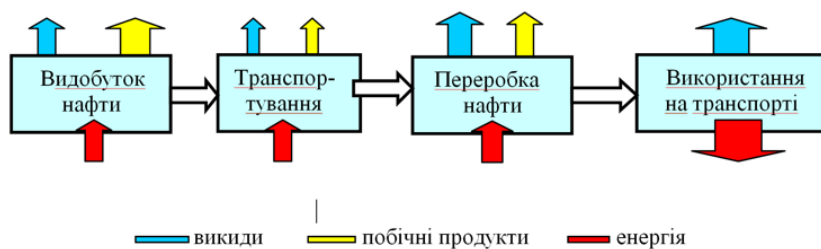


Рис. 3. Повний технологічний екоенергетичний цикл бензину

обраного автомобіля. Базовим вважатимемо електрогідролізний водень, отриманий на геліоенергетичних установках.

Слід було очікувати найменшої екологічної шкоди завдає використання водню як автомобільного палива, проте економічно виявляється малоефективним у зв'язку з досить високою ціною, відсутністю екологічно безпечних промислових технологій його одержання, відсутністю розвиненої інфраструктури безпечного транспортування та збереження. Найбільшу шкоду екології на стадії експлуатації національного автомобіля завдає використання бензину, пропану та природного газу. Використання електроенергії теплових електростанцій та альтернативного палива з урахуванням повного екоенергетичного циклу має досить незначний екологічний та економічний результат. Якщо не модернізувати національний автомобіль до рівня норм "Євро-3" або "Євро-4", то екологічна шкода від використання бензину на стадії експлуатації виявиться у 2,6 разів вищою за стадію

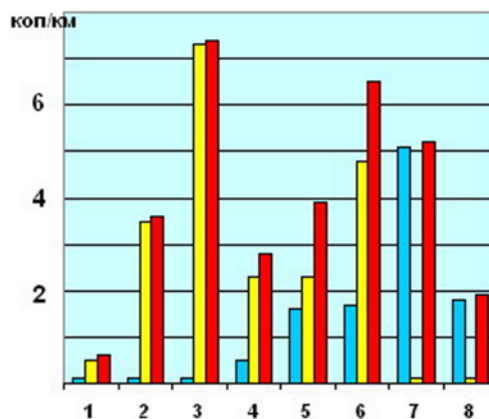


Рис. 4. Середні цінові складові екологічної шкоди, коп/км (виробництво, експлуатація, сума): 1 — електрогідролізний водень; 2 — рідкий пропан; 3 — стиснений природний газ; 4 — метанол з біомаси; 5 — метанол з природного газу; 6 — нафтовий бензин; 7 — електромобіль, енергія ТЕС; 8 — електромобіль, енергія атомних станцій

виробництва. За наявної кількості автомобілів в Україні 8788 тис. та середньостатистичному річному пробігу 10 тис. км екологічна шкода за найбільш оптимістичної оцінки досягає 6,4 млрд гривень. Отже, дослідження повного технологічного екоенергетичного циклу енергоносіїв вимагає визначення зовсім інших критеріїв економічної доцільності та екологічних наслідків від їхнього використання на транспорті [7].

Застосування традиційних двигунів в автомобілях із класичною трансмісією, експлуатованих переважно в міських умовах не лише надзвичайно марнотратно енергетично, але й екологічно небезпечно не тільки надлишком шкідливих викидів, а й порушенням балансу кисню, що провокує виникнення антропогенних катаклізмів загальнопланетарного масштабу. Під час експлуатації автотранспорту на будь-якому паливі, яке містить вуглець, рівень шкідливих викидів майже однаковий (різниця не перевищує 15 %), тому при використанні бензину, природного газу, пропану, метанолу, виробленого з природного газу або вугілля, зменшення шкідливих викидів можна домогтися тільки за рахунок зниження споживання палива.

Провідні світові автовиробники та конструктори двигунів останнім часом прикладають значних зусиль для створення альтернативних генераторів руху, однак 60 % всієї виробленої людством енергії здійснюється поршневими, газотурбінними та рідинно — реактивними двигунами, а поршневі двигуни залишаються найбільш поширеними і їхнє щорічне виробництво перевищує 80 млн.

У світлі вищевикладеного поза сумнівом раціональним є дослідження новітніх концептуальних напрямів застосування традиційних двигунів внутрішнього згоряння із сучасними технологіями керування двигуном і трансмісією, які дають змогу значною мірою підвищити ефективність класичних ДВЗ.

Автомобіль в даний час став мало не основним засобом транспорту для переважної більшості людства, але він же, на жаль, і головний глобальний забруднювач навколишнього середовища. Тому більшість учених і практиків сходяться на тому, що, з одного боку, відмовитися від нього неможливо, а з іншого — необхідно здійснити термінові заходи по зниженню екологічного впливу. І перш за все — зменшенню кількості моно- і діоксидів вуглецю, а також оксидів азоту і незгорілих вуглеводнів. Проблема ця, безумовно, вельми складна, трудомістка і дорога. Існуючі конструкції традиційних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) практично вичерпали інноваційний потенціал, тому сучасні тенденції розвитку технологій підвищення економічної ефективності і екологічної безпеки АТЗ формально можна розділити так. Перший напрям — використання альтернативного палива. Погодимося, що застосування природного газу або метанолу вважати суперсучасним не можна та і скорочення шкідливих викидів на 10–15 % не вирішує проблеми стратегічно, проте використання водню як палива для традиційних теплових двигунів, а особливо в електрохімічних генераторах (паливних елементах) надзвичайно перспективно і лише величезні фінансові витрати на розробку промислових технологій отримання, транспортування і зберігання водню стримують його широке застосування. Як тимчасовий наслідок цієї проблеми — другий напрям — гібридні силові установки (ГСУ), де як основне джерело енергії використовується ДВЗ, а як пікове її джерело — тягова електрохімічна батарея

або накопичувач (батарея електричних конденсаторів, надкомпактний маховик і т.п.). Представляється очевидним, що в недалекому майбутньому ГСУ будуть витіснені класичними електромобілями внаслідок наявності непереборних недоліків — необхідності подвійного перетворення енергії, ефективність якого завжди нижча. Третій напрям — подальше вдосконалення конструкції і робочих процесів поршневих двигунів, що найактивніше розвивають корпорації “Ford”, “GM” і “Chrysler”, які розробили камери згоряння для спалювання Perezbіднених паливоповітряних сумішей, що забезпечують мінімізацію витрати палива і шкідливих викидів практично для всіх режимів двигунів. Однак для ефективної реалізації цього напрямку необхідна розробка інноваційних систем запалювання, які б забезпечували надійне запалення Perezbіднених паливоповітряних сумішей.

На жаль, вже розроблені і широко вживані в сучасному автомобілебудуванні заходи вельми дорогі та малоефективні. Так, електронна система впорскування палива і запалення на базі 8-розрядного мікропроцесора забезпечує тільки досягнення норм EURO-1, аналогічна система на базі 16-розрядного мікропроцесора — EURO-2 і EURO-3, багатоклапанна система газорозподілу з регульованими фазами і каталітичний нейтралізатор з блоком відновлення NOx при надлишку кисню — EURO-4. Тим часом, вельми перспективним в екологічному і економічному плані виявляється використання особливих режимів ДВЗ, зокрема, робочих процесів з Perezbідненням суміші, коли коефіцієнт надлишку повітря  $S = 1,2-1,6$  (рис. 5). Як бачимо з рис. 5, навіть за відсутності нейтралізатора відпрацьованих газів можливе істотне підвищення ефективності використання палива в широкому інтервалі експлуатаційних навантажень. Проте технічна реалізація цього напрямку до останнього часу не набула поширення унаслідок обмеженого потенціалу існуючих систем запалення, здатних забезпечувати гарантоване запалення робочої суміші.

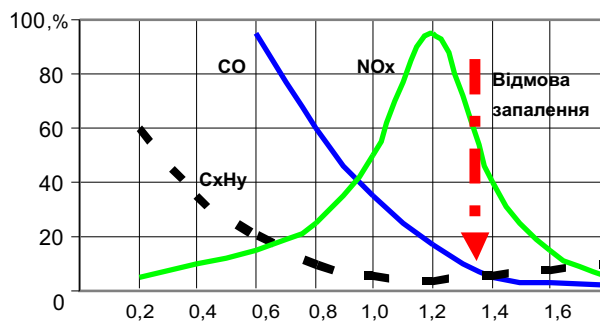


Рис. 5. Залежність викидів ДВЗ від коефіцієнта надлишку повітря

Пропонована інноваційна розробка має відношення до автомобілебудування і може бути використана в конструкції ефективної компактної індивідуальної котушки запалювання для двигуна внутрішнього згоряння [8]. В основі розробки

— підвищення ефективності теплових двигунів завдяки збільшенню надійності запалювання Perezbidnenoї паливоповітряної суміші за допомогою використання інноваційної котушки запалення. Конструкція сучасних багатоклапанних двигунів внутрішнього згоряння має істотні обмеження простору навколо свічок запалювання, що не перевищує 28–35 мм в діаметрі, тому для досягнення необхідних для надійного запалювання робочої суміші високої напруги і потужності іскроутворення потрібна комутація значних струмів низьковольтної обмотки, які досягають 15–20 А за максимального струму віддачі бортових генераторів автомобілів 40–60 А, що негативно впливає на стабільність напруги бортової мережі і перш за все на перешкодостійкість електронних компонентів електрообладнання автомобілів, кількість яких постійно збільшується, тому завдання створення ефективної індивідуальної котушки запалювання видається актуальним. Застосування в індивідуальній котушці запалювання виконаного з пластин наноструктурного (аморфного) феромагнітного матеріалу, наприклад, METGLAS, магнітопровода забезпечує підвищення швидкості зміни електричного струму та збільшення енергії, яка накопичується в магнітному полі котушки запалювання, що дозволяє зменшити габарити індивідуальної котушки запалювання при одночасному збільшенні енергетичних характеристик. Замкнутий магнітний сердечник дає змогу збільшити концентрацію силових ліній магнітного поля, що збільшує індуктивність котушки та енергію, яка накопичується в котушці, а також перешкодозахисність компонентів електрообладнання автомобілів завдяки зменшенню паразитного електромагнітного випромінювання іскроутворення. Магнітний сердечник з пластин аморфного феромагнітного матеріалу дає змогу збільшити напругу і потужність іскроутворення без збільшення габаритів індивідуальної котушки запалювання завдяки досягненню екстремально високої швидкості зміни струму при електричній комутації індивідуальної котушки запалювання унаслідок мінімальних втрат енергії на перемагнічування магнітопровода за індукції магнітного поля більше 1 Тл [9].

Конструкцію котушки запалювання показано на рис. 6.

Індивідуальна котушка містить низьковольтну обмотку 1, обладнану низьковольтним з'єднувачем 2, високовольтну обмотку 3, обладнану високовольтним з'єднувачем 4, які поміщені у магнітний сердечник 5, виконаний у вигляді замкнутого магнітопровода з пластин аморфного феромагнітного матеріалу, наприклад, METGLAS. Індивідуальна котушка запалювання встановлюється на кожну свічку запалювання 6 двигуна і фіксується пружним затискачем 7, який також є загальним контактом котушки.

Працює індивідуальна котушка запалювання так.

Коли струм проходить по низьковольтній обмотці 1, утворюється магнітне поле, яке пронизує високовольтну обмотку 3 і посилюється магнітним сердечником 5, виконаним у вигляді замкнутого магнітопровода, який концентрує силові лінії магнітного поля унаслідок мінімального магнітного опору. У разі розмикання струму низьковольтної обмотки 1 у високовольтній обмотці 3 індуктується висока напруга, пропорційна швидкості зменшення електричного струму, яка через високовольтний з'єднувач 4 подається на центральний електрод свічки запалювання 6. На рис. 7 представлені графіки залежності перетворюваної потужності

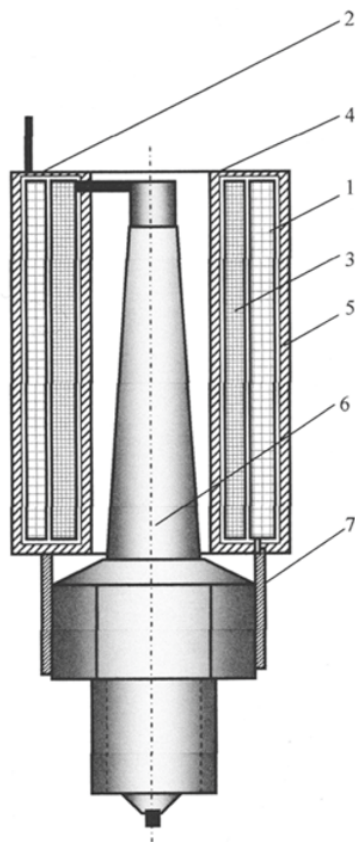


Рис. 6. Конструкція котушки запалювання

котушки запалювання від величини магнітної індукції з магнітопроводами однакового об'єму, виготовленими з пластин трансформаторної сталі завтовшки 0,3 мм (рис. 7, графік 1), пластин трансформаторної сталі товщиною 0,1 мм (рис. 7, графік 2) і пластин з аморфного феромагнітного матеріалу 2605 SC (рис. 7, графік 3).

Як бачимо з рис. 7, при виготовленні магнітопровода котушки запалювання з аморфного феромагнітного матеріалу максимальна перетворювана потужність більш ніж у п'ять разів вища, ніж при використанні трансформаторної сталі товщиною 0,3 мм. Справді, величина індукованої напруги  $E_I$  у високовольтній обмотці 3 визначається законом Фарадея:

$$E_I = -L \frac{dI}{dt},$$

де  $L$  — індуктивність котушки запалювання;  $dI/dt$  — швидкість зміни струму в котушці запалювання.



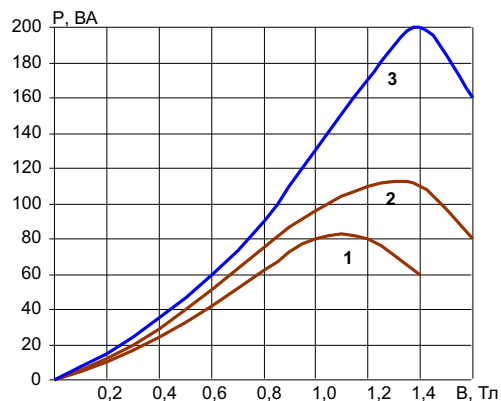


Рис. 7. Енергетичні характеристики котушки запалювання

Індуктивність  $L$  котушки запалювання визначається переважно числом витків, характеристиками магнітного сердечника 5 і габаритами котушки запалювання, жорстко обмеженими конструкцією двигуна, тому підвищена індукція насичення замкнутого магнітного сердечника 5 з аморфного феромагнітного матеріалу до рівня індукції магнітного поля 1,4 Тл (рис. 7, графік 3) сприяє збільшенню трансформованої потужності котушки запалювання. Мінімальні втрати перемагнічування магнітопровода з аморфного феромагнітного матеріалу за індукції магнітного поля вище 1 Тл забезпечують велику швидкість  $dI/dt$  зміни струму в котушці запалювання, що значно підвищує  $E_I$  і потужність індукваної у вторинній обмотці 3 напруги, необхідної для надійного запалювання паливоповітряної суміші.

- 
1. Кузьмин В. И. Долгосрочные тенденции мировой динамики добычи нефти и ее текущих цен / В. И. Кузьмин, Е. Н. Пронина, А. Н. Галуша // Энергосбережение. – 2006. – № 4. – С. 66–68.
  2. Ипатов А. А. АТС с комбинированными силовыми установками / А. А. Ипатов и др. // Автомобильная промышленность. – 2002. – № 7. – С. 35–39.
  3. Эйдинов А. А. и Электромобили и автомобили с КЭУ / А. А. Эйдинов и др. // Автомобильная промышленность. – 2002. – № 11. – С. 18–25.
  4. Звонов В. А. Альтернативные топлива с учетом их полного жизненного цикла / В. А. Звонов и др. // Автомобильная промышленность. – 2001. – № 4. – С. 10–12.

5. *Задорнова Е. С.* Менеджмент риска в автомобилестроении / Е. С. Задорнова, С. А. Зайцев // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 2. – С. 1–4.
6. *Пабат А. А.* Экономические критерии экологической безопасности национальных автоперевозок / А. А. Пабат // Тезисы докладов Четвертой Промышленной конференции с международным участием “Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях”. – Киев, 2004.
7. *Пабат А. А.* Экономическая концепция развития автомобилестроения в Украине / А. А. Пабат // Тезисы докладов Второй Промышленной международной научно-технической конференции “Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях”. – Киев, 2002.
8. *Пабат А. І.* Висновок про видачу патенту України по заявці ц 2009 11959 від 23.11.2009р. Індивідуальна котушка запалювання / А. І. Пабат, В. П. Кирєєв, Д. С. Мухіна – 2009.
9. *Лясоцкий И. В.* Перспективы разработки магнитно-мягких материалов с использованием наноструктурных и быстрозакаленных сплавов Fe и Co / И. В. Лясоцкий, Б. В. Молотилев // Сталь. – 2008. – № 10. – С. 107–113.

## INNOVATIVE NANOTECHNOLOGIES OF THE NATIONAL AUTOMOBILE INDUSTRY

A. Pabat, V. Kireev, D. Muhina

*Dneprodzerzhynskyy State Technical University  
Dniprobudivska str., 2, 51918 Dneprodzerzhynsk, Ukraine  
e-mail: pabat@ukr.net*

The appropriateness and necessity for immediate use of innovative technological steps in the national automotive industry are discussed. A production vehicle with efficiently innovated ignition system of the weakest fuel-air mixture and relevant environmental and economic performances could very well take a worthy place among the well-known models, thus providing access to the world markets of competitive high-tech products.

**Key words:** Alternative energy, ekoenergetichesny cycle nanostrukture and amorphous metals, the global economic crisis.

## ИННОВАЦИОННЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ НАЦИОНАЛЬНОГО АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

А. Пабат В., Киреев, Д. Мухина

*Днепродзержинский государственный  
технический университет*

*ул. Днепростроевская, 2, 51918, Днепродзержинск, Украина  
e-mail: pabat@ukr.net.*

Доказана целесообразность и необходимость немедленного использования инновационных технологических мероприятий в национальном автомобилестроении. Серийный автомобиль с эффективной инновационной системой зажигания переобедненных топливовоздушных смесей и соответствующими экологическими и экономическими характеристиками вполне мог бы занять достойное место среди известных моделей, обеспечив тем самым выход на мировые рынки конкурентоспособной высокотехнологической продукции.

**Ключевые слова:** альтернативные энергоносители, экоэнергетический цикл, наноструктурные и аморфные металлы, мировой экономический кризис.

Статтю отримано: 19.05.2010  
Прийнято до друку: 14.07.2011