

УДК 544.47:621.43

Г.В. Каракуркчі, М.Д. Сахненко, М.В. Ведь, А.С. Горохівський, В.М. Щокін

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків*

## ПІДХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ БРОНЕТАНКОВОГО ОЗБРОЄННЯ ТА АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*У статті проаналізовано сучасні підходи щодо підвищення паливної економічності двигунів внутрішнього згоряння, проведено огляд конструкційних матеріалів поршневої групи ДВЗ основних зразків бронетанкового озброєння та автомобільної техніки. Зроблено висновок про перспективність використання для інтенсифікації горіння палива і зменшення кількості токсичних викидів оксидних каталізаторів на основі перехідних металів (кобальту, мангану), одержаних методом плазмово-електролітичного оксидування на конструкційних матеріалах поршневої групи ДВЗ, зокрема високолегованих сплавах алюмінію з кремнієм АК12М2М<sub>2</sub>Н (АЛ25).*

**Ключові слова:** паливна економічність, ДВЗ, бронетанкове озброєння, автомобільна техніка, токсичні викиди, поршень, оксидний каталізатор, ПЕО, сплав алюмінію з кремнієм, оксиди кобальту та мангану.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Поршневий двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) є силовим агрегатом більшості бронетанкового озброєння та автомобільної техніки (БТО та АТ), що забезпечує її функціонування за рахунок перетворення теплової енергії палива у камері згоряння (КЗ). Під час оцінки експлуатаційних властивостей військової техніки, як правило, більша увага приділяється її рухливості, маневреності, ступеню захищеності, вогневим можливостям. Втім, в процесі експлуатації на перший план виходять такі параметри як ресурсна міцність, паливна економічність, ремонтпридатність. Особливого сенсу ці характеристики набувають під час виконання бойових завдань, коли техніка повинна долати значні відстані з обмеженим запасом пального, а двигун – витримувати значні навантаження без істотного зниження потужності [1]. В таких умовах технічні параметри двигуна певним чином будуть обумовлювати бойові характеристики техніки, її здатність ефективно виконати поставлену задачу.

Основні напрями удосконалення силових агрегатів нерозривно пов'язані з пошуком підходів до підвищення потужності двигунів за рахунок конструкційних змін, використання нових видів пально-мастильних матеріалів, підвищення паливної економічності ДВЗ. При цьому саме зниження витрат палива в процесі експлуатації двигунів є найбільш пріоритетним, враховуючи значні терміни експлуатації техніки, що стоїть на озброєнні Збройних Сил України, поступовий розвиток паливно-економічної кризи, а також більш жорсткі вимоги щодо екологічності та нормування викидів ДВЗ.

Тому, пошук раціональних підходів до підвищення паливної економічності поршневих двигунів БТО та АТ за рахунок модифікації процесів горіння

палива у КЗ ДВЗ є актуальною задачею, що обумовило напрямок досліджень даної роботи.

**Мета:** проаналізувати сучасні підходи щодо підвищення паливної економічності поршневих ДВЗ, з урахуванням огляду конструкцій поршневих ДВЗ основних зразків БТО та АТ, що використовуються у ЗСУ, обґрунтувати найбільш оптимальний спосіб вирішення окресленої проблеми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У більшості досліджень з зазначеної проблематики процеси паливної економічності ДВЗ нерозривно пов'язані з екологізацією їх функціонування (нормуванням і зменшенням токсичних викидів у навколишнє середовище) [2 – 4]. Це викликано спільною причиною – неповним згорянням палива в КЗ ДВЗ, втрати якого можуть сягати понад 25% від загальної кількості, з часом ця частка має тенденцію до збільшення. Внаслідок цього в процесі експлуатації поступово спостерігається падіння потужності двигуна, збільшення витрати палива і кількості токсичних викидів з невідпрацьованим паливом, що зумовлює проведення певних регламентних робіт для відновлення нормального функціонування ДВЗ. Тому оптимізація процесу горіння палива дозволить певним чином розв'язати проблему паливної ефективності й економічності двигуна та його екологічності за рахунок зменшення кількості токсичних викидів.

Найбільш поширеним підходом для інтенсифікації процесів горіння палива без суттєвих змін конструкції самого ДВЗ, є застосування різноманітних каталізаторів. Використання каталітичних матеріалів безпосередньо у КЗ ДВЗ прогнозовано дозволяє знизити енергію активації реакцій окиснення, температуру запалення паливної суміші при більш повному перетворенні палива. У підсумку це забезпечує зниження жорсткості й підвищення паливної ефективності роботи двигуна, а також зменшення частки па-

лива, що не згоріло, а відтак і кількості токсичних викидів з відпрацьованими газами у навколишнє середовище [2].

Модифікатори горіння палива можуть вводитись у ДВЗ декількома способами. Один із них – каталітичні присадки, які не впливають на фізико-хімічні властивості базового палива, проте інтенсифікують процес горіння. До таких каталізаторів відносяться сполуки металів першої, другої та перехідних груп періодичної системи елементів. Концентрація присадок у паливі, як правило, не перевищує 0,001 % для запобігання негативного впливу на забруднення двигуна. Каталітичні присадки палив застосовуються вже понад 60 років, і, враховуючи перспективність їх використання, ведуться постійні дослідження з удосконалення та синтезу нових ефективних та доступних сполук [4].

Іншим прикладом застосування каталізаторів є нанесення активних матеріалів, переважно перехідних металів та їх оксидів, на внутрішню поверхню блоку циліндрів та КЗ, зокрема хонінгування блоку циліндрів з використанням спеціальних паст [5].

Проте зазначені способи застосовуються окремо і є недостатньо ефективними, оскільки дають тимчасовий ефект. Каталізатори в цьому випадку є витратними матеріалами, а для досягнення тривалого ефекту необхідно або постійне використання палива з доданками каталізатору, або періодичне поновлення каталітичного шару на внутрішній поверхні блоку циліндру та КЗ ДВЗ.

У зв'язку з цим перспективним напрямком використання каталізаторів у ДВЗ є формування поверхневих каталітичних систем безпосередньо на деталях ДВЗ, які забезпечують процес згоряння палива. Особливостями умов роботи КЗ двигуна та деталей поршневої групи є висока температура, значний тиск, тертя, що зумовлюють підвищені вимоги до механічних властивостей конструкційних матеріалів. Крім того процеси горіння характеризуються утворенням сполук, що відносяться до “каталітичних отрут” і знижують ефективність роботи каталізаторів за рахунок негативного впливу на активні центри. За таких умов використання каталітичних матеріалів на основі металів платинової групи вважається недоцільним. Натомість вельми перспективними каталізаторами є оксиди перехідних металів та їх нестехіометричні суміші [6]. Такі системи можна формувати методом плазмово-електролітичного оксидування (ПЕО), який у літературі також носить назву анодно-іскрового або мікродугового. Особливістю реалізації процесів ПЕО є міграція електричних розрядів по поверхні оброблюваного матеріалу. Це забезпечує високотемпературну взаємодію та перетворення поверхні основного металу з інкорпорацією компонентів електроліту до складу поверхневих шарів. Внаслідок цього одержані керамікопо-

дібні ПЕО-структури володіють комплексом унікальних фізико-механічних характеристик, серед яких необхідно відмітити високу міцність й адгезію до основного металу, зносо- та корозійну стійкість при високій каталітичній здатності, яка обумовлена значним вмістом каталітичних компонентів [7 – 10].

На даний час ПЕО технології оксидних покриттів достатньо повно розроблені для вентильних металів, зокрема титану та алюмінію, і відомі роботи щодо електрохімічної обробки інших матеріалів [10]. Режими ПЕО сплавів залежать від складу матеріалу та електроліту, що використовується. Тому для опрацювання режиму формування оксидних покриттів із заданими функціональними властивостями необхідно проведення огляду основних ДВЗ БТО та АТ з обґрунтуванням вибору конструкційного матеріалу оброблюваної деталі і складу електроліту.

## Основна частина

Основними вимогами, які висуваються до конструкційних матеріалів сучасних поршневих ДВЗ, є низька щільність, високі показники теплопровідності, міцності, зносо- та корозійної стійкості, економічна доступність та простота технологічної обробки. Повною мірою цим вимогам відповідають високолеговані ливарні сплави алюмінію, а також чавун та леговані сталі за умови додаткової хіміко-термічної обробки.

На даний час на постачанні ЗСУ стоїть значна кількість броньованої та автомобільної техніки, в якій широко використовуються поршневі ДВЗ. Найбільш відповідальною та важконавантаженою деталлю двигуна є поршень, що працює в умовах високої теплового та механічного напруження. Конструкційно поршень ДВЗ складається з днища, ущільнюючої та направляючої частин.

В двотактних багатопаливних опозитних двигунах з рідинним охолодженням 6 ТД (рис. 1) та 5 ТДФ (рис. 2) для виготовлення блоку картерів, корпусу передачі та плити турбіни використовується високоміцний жаростійкий ливарний сплав алюмінію з кремнієм та міддю АК5М (АЛ5).

Проте циліндри двигунів зроблені із трубної заготовки сталі марки 38Х2МЮА з азотуванням внутрішньої поверхні та додатковим хонінгуванням. Поршни силових установок є збірними зі штампованим корпусом із жароміцного кувального сплаву АК4-1на основі системи Al-Cu-Mg-Ni-Fe та накладки зі сталі 20Х25Н20С2 з термодифузійним хромуванням для забезпечення високих міцнісних характеристик.

Основні деталі поршневої групи чотиритактного, V-подібного, 12-циліндрового багатопаливного, швидкохідного дизелю рідинного охолодження з безпосереднім вприскуванням палива і наддувом від відцентрового нагнітача В-46 (В-84) (рис. 3) виготовлені зі сплаву алюмінію. Поршень двигуна є литим

методом ізотермічного штампування із алюмокремнієвого сплаву, легованого міддю АК12Д.

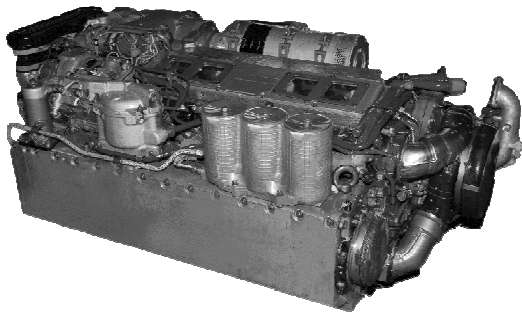


Рис. 1. Загальний вигляд двигуна 6 ТД



Рис. 2. Загальний вигляд двигуна 5ТДФ



Рис. 3. Загальний вигляд двигуна В-46

Шестициліндровий чотиритактний швидкохідний дизель з безпосереднім вприскуванням палива УТД-20 (рис. 4) (5Д20) має блок-картер та поршні, виготовлені зі сплаву алюмінію з кремнієм. Днище поршня має спеціальну форму для ефективного сумішоутворення.



Рис. 4. Загальний вигляд двигуна УТД-20

До того ж КЗ двигуна УТД-20 (5Д20) та верхня частина поршня, включаючи канавку під перше кільце, анодовані з метою підвищення зносо- та термічної стійкості.

У карбюраторному бензиновому двигуні ЗМЗ-4905 (рис. 5 а) блок циліндрів виготовлений із алюмінієвого сплаву з просоченням спеціальною смолою, гільзи циліндрів – мідні, а поршні – із алюмінієвого сплаву з термообробкою, додатково вкриті тонким шаром олова для покращення припрацювання деталей, що труться. Підхід щодо підвищення показників зносостійкості за рахунок лудіння поршню також використано і у поршневі системі двигуна ЗИЛ-130 (ЗИЛ-131) (рис. 5 б) при тому, що блок циліндрів двигуна виконаний із чавуна, а головка блоку циліндрів зі сплаву алюмінію.

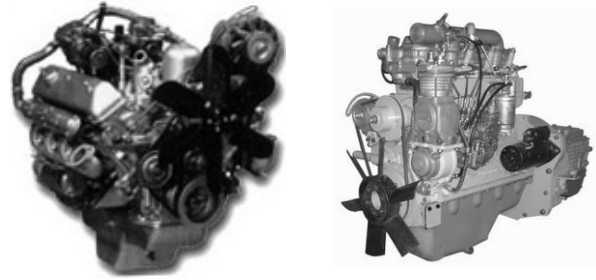


Рис. 5. Загальний вигляд двигуна ЗМЗ-4905 (а) та ЗИЛ-131 (б)

Поршнева група дизельних чотиритактних двигунів ЯМЗ-236/238 (рис. 6 а), а також поршні силового агрегату КамАЗ-740 (рис. 6 б) відлиті із високотемпературного алюмінієвого сплаву АК12М2МгН (АЛ25).



Рис. 6. Загальний вигляд двигуна ЯМЗ-238 (а) та КамАЗ-740 (б)

Діаметр поршнів розглянутих двигунів становить 120 – 150 мм. Днище поршнів має певну, іноді дуже складну, форму відповідно до типу двигуна та способу організації КЗ й подачі палива (рис. 7). Враховуючи те, що днище безпосередньо контактує з паливною сумішшю, саме ця частина є більш оптимальною для формування каталітичних покривів з метою реалізації процесів каталітичного горіння.

Проведений аналіз дає змогу зробити висновок, що основним конструкційним матеріалом, що використовуються для виготовлення деталей поршневої групи ДВЗ є сплав алюмінію з кремнієм, а деталь, яку необхідно піддавати поверхневій електрохімічній обробці має складну геометрію та значні масогабаритні параметри.



Рис. 7. Поршні ДВЗ: ЯМЗ-238 (а), КамАЗ-740 (б), УТД-20 (в)

Втім метод ПЕО дозволяє без додаткових пристроїв проводити процес оксидування деталей складного профілю з формуванням рівномірних покриттів по всій поверхні. Можливість реалізації цього процесу на прикладі деталей поршневої групи ДВЗ наведено у роботах [8, 9, 11].

Для забезпечення високих каталітичних властивостей сформовані матеріали крім високих механічних показників повинні мати розвинену поверхню і значну кількість каталітичних центрів, яка буде залежати від вмісту допантів (оксидів перехідних металів, зокрема кобальту або/та мангану).

Деталі поршневої групи всіх розглянутих двигунів (за винятком 5ТД та 6ТД) виготовлені із високолегованих сплавів алюмінію з кремнієм, в яких вміст останнього становить до 13 мас. %. Враховуючи це, режим формування оксидних покриттів необхідно реалізовувати таким чином, щоб запобігти включенню значних кількостей Si у поверхневі шари, оскільки він призводить до зниження каталітичних властивостей одержаних оксидних систем.

Авторами досягнуті певні позитивні результати щодо формування каталітичних покриттів несехіометричними оксидами рідкісних та перехідних металів на сплавах титану [11 – 13] та алюмінію [14 – 16]. За результатами досліджень обґрунтовано вибір складу найбільш оптимальних електролітів для одержання покриттів із високим вмістом допантів, які надають каталітичну активність матеріалу [17 – 18].

Метою даного дослідження було встановлення впливу концентрацій компонентів електроліту та режимів ПЕО на склад та морфологію поверхневих шарів на кремнієвісних сплавах.

Оксидні покриття формували на зразках сплаву АК12М2МгН (АЛ25) з робочою площею  $0,02 \text{ дм}^2$ . Поверхню зразків готували шліфуванням наждачним папером з наступним знежиренням й травленням, а також промиванням водою між основними операціями. Обробку зразків проводили із електролітів у запропонованих режимах ПЕО, які наведено у табл. 1, в електрохімічній комірці з охолодженням та примусовим перемішуванням робочих розчинів з використанням промислового джерела постійного струму Б5-50. Напругу процесу контролювали за допомогою високомного вольтметра, включеного у схему лабораторної установки. Стадії ПЕО контролювали візуально та фіксували за показниками приладів.

Таблиця 1

## Електроліти та режими формування покриттів

Параметр	Електроліт 1	Електроліт 2 [16]
Характеристика електроліту		
Склад, г/л:		
$\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$	66,0 – 297,0	–
$\text{CoSO}_4$	7,5 – 46,5	–
$\text{NaOH}$	–	0,2 – 50,0
$\text{KMnO}_4$	–	7,0 – 120,0
pH	10,5 – 11,5	11,0 – 12,0
t, °C	20 – 25	25 – 30
Режим обробки		
Густина струму, j, А/дм <sup>2</sup>	2 – 10	10 – 20
Напруга, U, В	до 160	до 240
Час обробки, хв	30 – 60	30 – 60

Хімічний склад покриттів визначали на енергодисперсійному спектрометрі INCA Energy 350, морфологію поверхневих шарів досліджували скануючим електронним мікроскопом ZEISS EVO 40XVP з високою розподільною здатністю і контрастністю.

Товщину сформованих оксидних систем встановлювали гравіметрично за приростом ваги зразків й верифікували за допомогою мікрометра.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що в електролітах указанного складу в запропонованих режимах реалізується процес ПЕО за класичною схемою [10]. Одночасний перебіг процесів електрохімічного окиснення і термічного розкладання компонентів електролітів, що реалізується в режимі ПЕО, дозволяє формувати покриття з високою адгезією до основного металу та значним вмістом каталітичних матеріалів (оксидів кобальту або/та мангану).

При цьому механізм оксидування поверхні високолегованого алюмо-кремнієвого сплаву залежить від типу та складу електроліту, стартової густини струму на напруги формовки, а також часу електрохімічної обробки.

В обох типах електролітів для одержання рівномірних покриттів з високим вмістом каталітичних компонентів процес оксидування доцільно проводити в режимі “падаючої” потужності: стартова густина струму є вищою для формування бар’єрної оксидної плівки, після виходу на режим стабільного іскріння густина струму знижується для забезпечення стабільного процесу утворення змішаного оксидного шару. При цьому густина струму (j) ПЕО першого етапу у кобальто-пірофосфатних розчинах не перевищує  $10 \text{ А/дм}^2$ , в той час як оксидування у лужно-перманганатних електролітах більш ефективно реалізується при  $j = 15\text{--}25 \text{ А/дм}^2$ . Другу стадію доцільно проводити при густині струму  $2\text{--}5 \text{ А/дм}^2$  для електроліту 1 та  $5\text{--}15 \text{ А/дм}^2$  для електроліту 2. Характеристичні показники напруги процесу ПЕО також залежать від складу електроліту: напруга іскріння  $U_i$  у кобальтовмісних електролітах становить

115–120 В, а кінцева напруга  $U_k$  формовки 140–160 В; у мангановмісних електролітах ці показники є вищими –  $U_i = 150–160$  В та  $U_k = 220–240$  В. Зазначені відмінності пояснюються особливостями перебігу електрохімічних процесів за участю  $Co^{2+}$  та  $MnO_4^-$  в електролітах указанного складу.

Було встановлено, що для формування покриттів, які одночасно доповані оксидами обох перехідних металів (Co, Mn), необхідно проведення двостадійного послідовного оксидування у кожному з електролітів. Експериментально доведено, що найбільш

ефективною є двостадійна обробка, згідно якої на I стадії ПЕО проводять в електроліті 1, а на II стадії – в електроліті 2. Режими оксидування на кожній стадії відповідають наведеним у табл. 1. Сформовані оксидні системи мають розвинену поверхню, що є необхідною умовою високих каталітичних властивостей матеріалу. Морфологія поверхні та склад одержаних ПЕО-покривів (рис. 8), допованих оксидами кобальту та мангану, залежать від концентрації компонентів електроліту, умов оксидування (густини струму, напруги та часу формування).

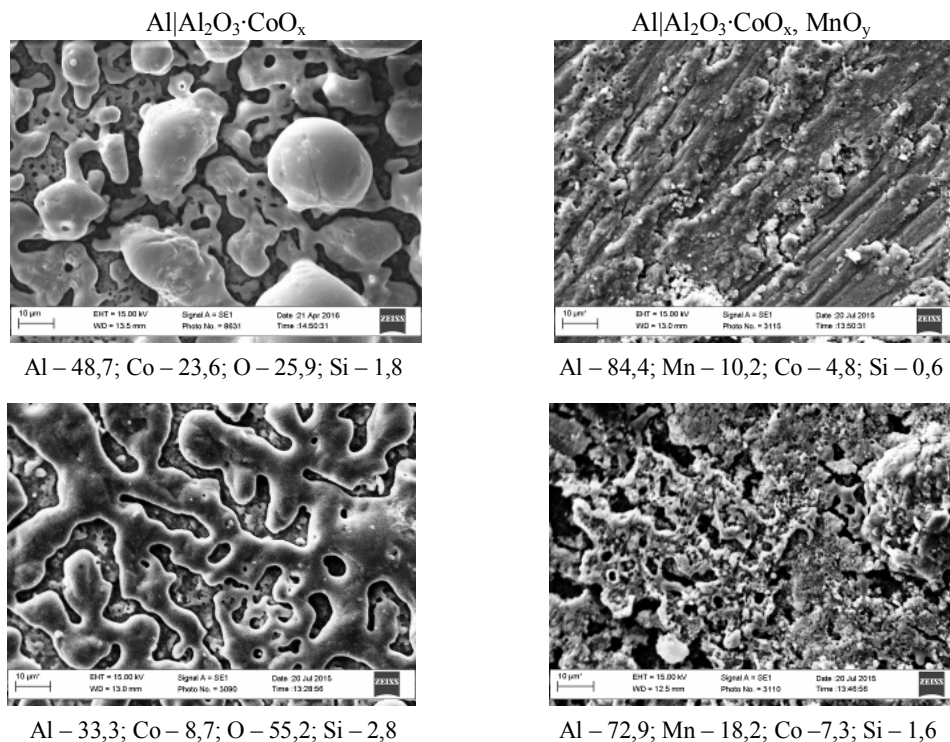


Рис. 8. Морфологія поверхні та склад оксидних покриттів (ат.%)

Вміст оксидів кобальту або/та мангану у поверхневих шарах становить до 75 ат %, а вміст Si не перевищує 2–3 ат.%. Таким чином можна зробити висновок, що варіювання умов технологічного процесу дозволяє формувати оксидні покриття різного складу і морфології, що прогнозовано буде впливати на їх функціональні властивості, зокрема каталітичну активність у процесах горіння палива у КЗ ДВЗ і зниження токсичності викидів. Зроблені припущення підтверджені результатами тестування одержаних покриттів в реакціях окиснення CO та  $NO_x$ , а також витрати палива при різних режимах роботи двигуна [19]. Встановлено, що вищі каталітичні властивості притаманні покриттям з більшим вмістом допантів (оксидів Co або/та Mn).

Таким чином, каталітичні системи на основі оксидів перехідних металів, сформовані безпосередньо на деталях поршневої групи ДВЗ, зокрема на поверхні поршню, є вельми перспективними для використання в технологіях підвищення паливної економічності та екологічності двигунів

## Висновки

1. Виходячи з огляду основних підходів до підвищення паливної економічності ДВЗ, перспективним є використання оксидних каталізаторів, допованих перехідними металами (кобальтом або/та манганом) безпосередньо у КЗ ДВЗ.
2. Основним конструкційним матеріалом поршневої групи ДВЗ БТО та АТ є сплави алюмінію з кремнієм, що дає змогу використовувати їх як основу носія каталітичного шару.
3. Ефективно формувати каталітичні матеріали на високолегованих сплавах алюмінію з кремнієм можна у ПЕО-режимі в кобальто-пірофосфатних та лужно-перманганатних електролітах.

## Список літератури

1. Дослідження паливної економічності броньованих колісних машин і шляхи її покращення / О.С. Мазін, І.Л. Страшний, В.М. Франков, О.Ю. Шабалін // Збірник наук. праць НАО України, 2015. – № 2 (26) – С. 60 – 64.

2. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. / За ред. А.П. Марченка, проф. А.Ф. Шеховцова. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2004.

3. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности: Под ред. А.Ф. Шеховцова / Ф.И. Абрамчук, А.П. Марченко, Н.Ф. Разлейцев, Е.И. Третьяк, Н.К. Шокотов. – К.: Техника, 1992. – 272 с.

4. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия: Монография. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2003. – 244 с.

5. Пат. RU 2278283, МПК F02B 51/02. Способ снижения токсичности выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания / А.В. Геркен, В.Г. Сафронов, А.Г. Кошелев, В. В. Геркен (RU) – №2004109827/06; заявл. 01.04.2004; опубл. 20.06.2006, Бюл. 17.

6. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей: Монографія / М.В. Ведь, М.Д. Сахненко. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2010. – 272 с.

7. Руднев В.С. Каталитически активные структуры на металлах / В.С. Руднев, Н.Б. Кондриков, Л.М. Тырина, Д.Л. Бозута, М.С. Васильева, И.В. Лукиячук // Критические технологии. Мембраны. – 2005. – № 4 (28). – С. 63 – 67.

8. Пат. ВУ, МПК С 25D 11/04. Способ упрочнения днища поршня из сплава алюминия с кремнием двигателя внутреннего сгорания / А. П. Ласковнев, В. В. Овчинников, А. Т. Волочко, В. Н. Соколов, В. Я. Зелинский, А. И. Комаров (ВУ) – № 13214; заявл. 13.03.2008; опубл. 30.10.2009.

9. Кристал М.М. Использование технологии микродугового оксидирования при разработке ДВС с блоком цилиндров из алюминиевого сплава / М. М. Кристал, П.В. Ивакин, П.В. Коломиец // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 4 – С. 242 – 246.

10. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов. В 2-х томах. Т. 2. / Под общ. ред. И.В. Сумина. – М.: Техносфера, 2011. – 512 с.

11. Sakhnenko N.D. Characterization and photocatalytic activity of  $Ti/Ti_nO_m/Zr_xO_y$  coatings for azo-dye degradation / N.D. Sakhnenko, M.V. Ved, V.V. Bykanova // Functional materials. – 2014. – Vol. 21, № 4 – P. 492 – 497.

12. Bykanova V.V. Synthesis and photocatalytic activity of coatings based on the  $Ti_xZn_yO_z$  system / V.V. Bykanova, N.D. Sakhnenko, M.V. Ved // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2015. – Vol. 51, Is. 3. – P. 276 – 282.

13. Конверсионные и композиционные покрытия на сплавах титана: Монография / М.В. Ведь, Н.Д. Сахненко, М.В. Майба. – Харьков: НТУ “ХПІ”, 2015. – 176 с.

14. Ведь М.В. Организация рабочего процесса в камере сгорания ДВС в присутствии каталитических материалов / М.В. Ведь, Сахненко Н.Д., Е.В. Боговяленская // Двигатели внутреннего сгорания. – 2013. – № 2. – С. 109 – 111.

15. Ведь М.В. Формирование каталитически активных покрытий на рабочих поверхностях камер сгорания ДВС / М.В. Ведь, Н.Д. Сахненко, Д.С. Андросчук, Т.С. Ярошок // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – № 2. – С. 73 – 76.

16. Sakhnenko N.D. Formation of Coatings of Mixed Aluminum and Manganese Oxides on the AL25 Alloy / N.D. Sakhnenko, M.V. Ved, D.S. Androshchuk, S.A. Korniy // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2016. – 52, N 2. – P. 145–151.

17. Ненастина Т.А. Электродные процессы с участием пирофосфатных комплексов / Т.А. Ненастина, Н.Д. Сахненко, М.В. Ведь // Вісник НТУ “ХПІ”. – 2013. – № 64 (1037). – С. 93 – 97.

18. Ved' M.V. The Manganese and Cobalt oxides formation on Aluminum alloys / M.V. Ved, N.D. Sakhnenko // Korroziya: Mater., Zashchita. – 2007. – № 10. – P. 36 – 40.

19. Парсаданов И.В. Дослідження дизеля з каталітичним покриттям поверхні камери згоряння / І.В. Парсаданов, М.Д. Сахненко, М.В. Ведь, І.М. Карягін, В.О. Хижняк, Д.С. Андросчук // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – № 2. – С. 69 – 72.

Надійшла до редколегії 12.04.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Стаховський, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ФВП, Харків

## ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДВС БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ И АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

А.В. Каракуркчи, Н.Д. Сахненко, М.В. Ведь, А.С. Гороховский, В.М. Щокин

В статье проанализированы современные подходы к повышению топливной экономичности двигателей внутреннего сгорания, проведен обзор конструкционных материалов поршневого группы ДВС основных образцов бронетанкового вооружения и автомобильной техники. Сделан вывод о перспективности использования для интенсификации горения топлива и уменьшения токсичных выхлопов оксидных катализаторов на основе переходных металлов (кобальта, марганца), полученных методом плазменно-электролитического оксидирования на конструкционных материалах поршневого группы ДВС, в частности высоколегированных сплавах алюминия с кремнием АК12М2МgН (AL25).

**Ключевые слова:** топливная экономичность, ДВС, бронетанковое вооружение, автомобильная техника, токсичные выхлопы, поршень, оксидный катализатор, ПЭО, сплав алюминия с кремнием, оксиды кобальта и марганца.

## IMPROVING FUEL ECONOMY FOR THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF ARMORED EQUIPMENT AND AUTOMOBILE VEHICLES

A.V. Karakurkchi, N.D. Sakhnenko, M.V. Ved, A.S. Gorokhivskiy, V.M. Shchokin

The article analyzes modern approaches to improve the fuel efficiency of internal combustion engines, reviews the structural materials for piston block internal combustion engine of basic samples of, armored equipment and automotive vehicles. It is concluded the prospects of using for intensification of fuel combustion and reduce toxic emissions oxide catalysts based on transition metals (Co, Mn) obtained by the plasma-electrolytic oxidation for structural materials piston block of ICE in particular high-alloy aluminum with silicon АК12М2МgН (AL25).

**Keywords:** fuel efficiency, the internal combustion engine, armored equipment, automotive vehicles, toxic emissions, the piston, the oxide catalyst, PEO, an alloy of aluminum with silicon, oxides of cobalt and manganese.