

*Колесніков В.О., Глюзицький О.О. Застосування можливостей нових технологій та прикладного матеріалознавства для впровадження автомобільних матеріалів // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. – С. 49-57.
Режим доступу: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2016.pdf>
(автор. 80%)*

УДК 539.2:541.1:620.1

Колесніков В.О., к.т.н., доц.; Глюзицький О.О., магістрант

ЗАСТОСУВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРИКЛАДНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В роботі в стислій формі на основі аналізу доступних даних, намагались провести зв'язок між сучасними тенденціями, щодо розвитку в автомобілебудуванні, ІТ технологіями та впровадженням нових матеріалів.

Розвиток автомобілебудування тісно пов'язаний з прикладним матеріалознавством. Особливо це стосується запровадження нових матеріалів та технологій. Протягом останніх десятиліть відбувається всіяке застосування ІТ технологій в автомобільній промисловості. Починаючи від проектування автомобіля до його експлуатації. Комп'ютерне моделювання дозволяє зімітувати багато різних варіантів застосування матеріалів, які застосовуються в автомобільній галузі.

Симбіоз застосування положень механіки руйнування, експериментальних даних та можливостей ІТ розробок (комп'ютерних пакетів програм, віртуальної інженерії, 3D моделювання пов'язаного з адитивними технологіями (3D принтери, до речі напрямок який почав активно розвиватись на кафедрі)) повинен стати фундаментом для закладень підвалин та розвитку наукової школи на кафедрі умовна назва якої - "Цифровий автомобіль".

Метою роботи було зробити аналіз існуючих даних, стосовно можливостей сучасних нових технологій для застосування в автомобілебудуванні.

При розробці сучасних автомобілів, широкого впровадження набувають ІТ технології. Це стосується всіх етапів, від створення до всього експлуатаційного (життєвого) циклу автомобіля.

В такому випадку для розробки можемо ввести поняття "віртуальний автомобіль". Нові комп'ютерні технології дозволяють: створювати повномасштабну комп'ютерну модель з урахуванням всіх конструктивних елементів; проводити повний цикл розрахункових досліджень з аналізу безпеки конструкції у різних умовах експлуатації; проводити віртуальні експерименти.

Так в автомобільній промисловості суперкомп'ютерні технології застосовують: модель Volvo S60 - зниження витрат на випробування в 25 разів; Модель Chevrolet Tahoe - зниження витрат на інжиніринг 40%, зниження термінів розробки в 2,5 рази; модель Toyota Camry - зниження термінів розробки в 3,6 рази.

В якості прикладу наведемо такі дані: для розрахунку аеродинамічних характеристик автомобіля наведеного на рисунку 1, необхідно створити розрахункову сітку в 20 мільйонів комірок та задіяти 200 процесорів, а також затратити 10 годин робочого часу. Такий розрахунок за допомогою звичайного комп'ютеру не можливий.

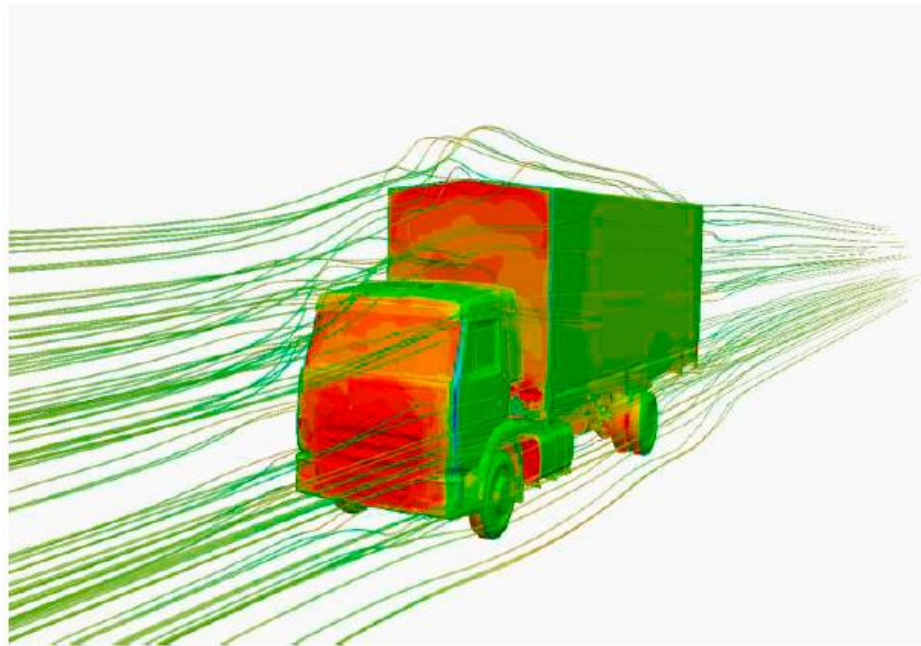


Рис. 1. Комп'ютерне зображення віртуального автомобіля для розрахунку аеродинамічних характеристик [1]

Впродовж розвитку теми звернемо увагу на повідомлення, що надійшло з Женевського автосалону. Директор з цифрових технологій компанії Volkswagen (Chief Digital Officer) Джохан Юнгвіртз (Johann Jungwirth), що прийшов в листопаді минулого року з компанії Apple, вперше виступив з публічною доповіддю. Тема презентації стосувалася майбутнього становлення Volkswagen в якості софтверного розробника і творця сервісів. У своєму виступі Юнгвіртз анонсував створення трьох «Центрів майбутнього» - по одному в Європі, Азії та США (зі штаб-квартирою в Каліфорнії). У цих центрах дизайнери автомобілів, розробники ПЗ і фахівці з цифрових технологій спільно працюватимуть над створенням автомобіля майбутнього. Європейський центр розмістився в Потсдамі і вже є чинним, а два інших поки ще перебувають на стадії формування. Що стосується досягнень Volkswagen, то асортимент компанії вже включає дев'ять електромобілів і гібридних авто. У найближчі чотири роки буде запущено серійне виробництво ще двадцяти моделей, анонсував генеральний директор компанії Матіас Мюллер (Matthias Muller). При цьому очікується, що дальність подорожей таких автомобілів на одній зарядці акумулятора перевищить 500 км, тоді як час зарядки скоротиться до десятка хвилин [2].

У самий найближчий час нанотехнології гратимуть одну з основних ролей в автомобільній промисловості. Останнім часом активно розробляються наноструктуровані сталі. Наноструктурована сталь - це сталь, властивості якої значною мірою залежать від наявності в структурі нанорозмірних компонентів - блокової полігонізованої структури, яка призводить до суттєвого підвищення міцності без помітної втрати пластичності і в'язкості металу, нанорозмірних дисперсних виділень, які дозволяють використовувати не змішуючі матеріали разом і т.д. Наноструктуровані сталі володіють підвищеними фізико-механічними властивостями. Міцність такої сталі зростає в 3 - 4

рази, а твердість - на порядок, при поліпшенні холодостійкості і багаторазовому збільшенні корозійної стійкості [3 - 11].

Також перспективними конструкційними матеріалами для автомобільної промисловості можуть стати високоазотисті нержавіючі сталі, які також можуть бути наноструктуровані [4, 10, 11]. Сьогодні нержавіюча сталь є, надзвичайно затребуваним матеріалом. Наявність тонкої пасивуючої самовідновлювальної плівки на поверхні (завдяки вмісту хрому в кількості 12 -20%). Розміри цієї плівки близько 1-5 нанометрів [12]. Ця суцільна плівка хімічно стабільна навіть при умовах, коли поверхневі шари абсорбували значну кількість кисню. Якщо кількість кисню достатньо, то захисний шар може самовідновлюватися, тобто якщо на поверхні сталі є подряпини або вибоїни, то в результаті взаємодії атмосферного кисню і хрому захисний шар відновлюється [13, 14]. Сталі такого класу, крім високих експлуатаційних властивостей, можуть нести ще й естетичне навантаження, наприклад, наявність хромованих деталей, для деяких моделей автомобіля, робить його досить привабливим для деяких категорій автолюбителів. У 2004 році в Німеччині, через Федеральне міністерство освіти і наукових досліджень (BMBWF) створили спеціальну програму (NanoMobil). Вона передбачає окреме фінансування галузі нанотехнологій. Це необхідно для того, щоб підвищити конкурентоспроможність німецької автомобільної промисловості. Багаточисельні науково-дослідні інститути і автомобільні компанії приймають участь у розвитку різних міждисциплінарних нано-проектів [7]. Конкуренція в автомобільній промисловості, дуже висока, тому використання наноматеріалів і розробок в галузі нанотехнологій, відбувається, як для підвищення експлуатаційних характеристик вузлів і деталей механізмів, так і з естетичних і функціональних міркувань. Не секрет, що високоякісні матеріали: роблять інтер'єр автомобіля другою домівкою. А якщо ці матеріали, завдяки нанотехнологіям мають ще й додаткові властивості, то зручність від користування таким автомобілем буде тільки зростати. Наприклад, область застосування нанотехнологій та наноматеріалів коливається від вже існуючих: якість фарби, паливні елементи, акумулятори, зносостійкі шини, легкі і більш міцні матеріали, ультратонкі противідблискуючі нанопокриття для скла та дзеркал, до футуристичних: збір енергії кузова, саморемонт, мінливий колір і форма покриттів [7, 15].

Найбільша сталеливарна компанія ArcelorMittal анонсувала нову технологію, яка дозволить знизити вагу автомобілів. Нова сталь, виготовлена з використанням нанотехнологій, дещо легше і набагато міцніше звичайної. Завдяки використанню інновацій тільки вага кузова автомобіля може бути знижена приблизно на 85 кг (читай - зниження витрати палива). А втрата ваги транспортного засобу в цілому - за рахунок двигуна, трансмісії, гальм і т.д. - може бути ще більше. Сама по собі нова сталь набагато легше звичайної. Її перевага полягає в більшій міцності. Деталі з неї можна робити тонше без втрати споживчих якостей, за рахунок цього-то і відбувається основна економія ваги. Інша складова цієї економії полягає у відмові від допоміжного кріплення і деталей для зміцнення структури того ж кузова. На виході, наприклад, передні стійки при збереженні вимог безпеки можуть стати тонше і менше впливати на оглядовість. Хоча алюміній, магній і композити складають конкурентну загрозу для сталі, вони значно дорожче, їх важче ремонтувати, крім того, їх переробка вимагає значно більше енергії. Саме тому нова розробка видається куди більш перспективною [16].

Основні області застосування нанотехнологій в автоіндустрії [7]:

1. Легковагі, але міцні матеріали (для зменшення розходу палива і підвищення безпеки).
2. Підвищення ефективності двигуна і витрати палива для автомобілів з бензиновим двигуном (каталізатори, паливні добавки, нано присадки, мастильні матеріали).
3. Зменшення шкідливого впливу автомобілів на навколишнє середовище (водневі батареї, електромобілі).

4. Поліпшення і мініатюризація електронних систем.

5. Значна економія (термін служби, низький рівень поломок механізмів; "розумні" матеріали для самостійного ремонту).

Технологія MuCell, розроблена інженерами Ford, допомагає вирішити проблему скорочення ваги автомобіля без втрати якості і функціональності конструкційних матеріалів. Якщо раніше все робили з металу, то тепер настала черга автопластика. Як запевняють представники компанії, новий вид пластику не поступається колишнім аналогам по міцності і вартості, хоча важить на 20% менше. Це забезпечується за рахунок заповнених повітрям порожнин діаметром близько 25 мкм кожна. Більш того, для лиття нового матеріалу потрібно менший тиск, а сам техпроцес здійснюється на третину швидше. У найближчі кілька років матеріал замінить звичайний пластик в кришках двигуна таких моделей, як Focus, C-MAX, S-MAX, Mondeo і Galaxy. Розробка є частиною даної компанією обіцянки знизити вагу своїх транспортних засобів до 2020 року на 100 кг для мікролітражок і на 300 кг для звичайних легкових машин. Це в свою чергу сприятиме скороченню витрати палива - а значить, і шкідливих викидів [19, 20].

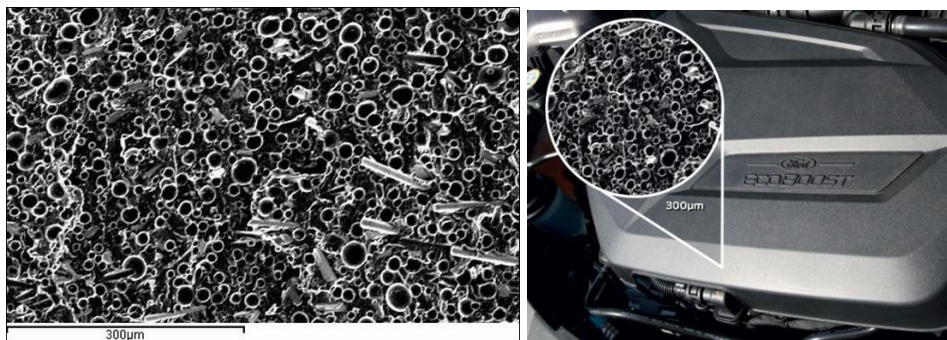


Рис. 2. Фотографії нового наноструктурованого матеріалу для автомобілів Ford [20]

Підвищення ефективності двигуна і витрати палива для автомобілів з бензиновим двигуном (каталізatori, паливні добавки, нано присадки, змащувальні матеріали). Розроблений в Університеті Райс каталізатор на основі наночасток допоможе автомобільним двигунам стати ще потужнішим. Дослідники з групи Майкла Вонга (Michael Wong) повідомляють, що субнанорозмерні кластери оксиду вольфраму, нанесені на підкладку з оксиду цирконію, є ефективними каталізаторами ізомеризації н-пентану, що приводить до утворення розгалужених ізомерів C5. Хоча каталітичні здатності оксиду вольфраму відомі давно, Вонг вважає, що наночастинки на основі цієї речовини можуть істотно збільшити каталітичну активність WO₃. У дослідницькій групі Вонга кілька років працювали над найбільш ефективним складом каталізатора, що складається з каталітично активного оксиду вольфраму та каталітично інертного оксиду цирконію. Ключем до продуктивності нового каталізатора було правильний розподіл наночастинок оксиду вольфраму на поверхні оксиду цирконію. Вонг зазначає, що при цьому треба було дотримуватися принципу «золотої середини» - кількість оксиду вольфраму не повинно було бути не великим, не маленьким - дослідники прагнули розмістити наночастинки на підкладці так, щоб вони не торкалися одне одного, вважаючи, що при такому підході їм вдасться збільшити ефективність каталізатора десь в п'ять разів. Дослідникам вдалося домогтися такого розміщення наночасток оксиду вольфраму на підкладці і отримати каталізатор ізомеризації н-пентану в п'ять разів ефективніший, ніж існуючі [21 - 24].

Поліпшення і мініатюризація електронних систем. Мікроелектроніка є одним з найбільш динамічно розвиваючих напрямків науки. Зараз близько 90% всіх інновацій в фізиці твердого тіла в тій чи іншій мірі виходять від мікроелектронної галузі. Одне з найвідоміших наукових завдань в мікроелектроніці, полягає в тому, що, використовуючи випромінювання видимого діапазону, не можна досягти мінімального розміру

транзистора. Літографія (тобто процес виготовлення чіпа) повинна проводитися за допомогою рентгенівського, синхротронного випромінювання, іонних пучків, що істотно збільшить вартість виробництва. "Страшилка" полягала в тому, що довжина хвилі випромінювання не може бути більше топологічних розмірів транзистора. Дослідження по використанню інших видів випромінювання (більш короткохвильового і високого по енергії) для літографії ведуться, проте мікроелектроніка оптичного діапазону не зайшла в глухий кут: з допомогою нових технологій робляються транзистори лінійного розміру в 22 нм за допомогою випромінювання довжиною 193 нм, тобто майже на порядок більше. Є плани по створенню транзисторів в 16 нм і 14 нм на тому ж випромінюванні. Паралельно йдуть дослідження для використання інших видів випромінювання, зокрема так званого екстремального УФ-випромінювання з довжиною хвилі в 13,5 нм, і навіть 5 нм, але поки вони не використовуються. Інша проблема - підготовка діелектриків. Страшилка полягає в тому, що зі зменшенням топологічних розмірів транзистора діелектрики перестануть справлятися зі своєю функцією і "гарячі" електрони будуть проходити крізь них. Зараз ця проблема вирішена: розроблені нові типи діелектриків, які функціонують навіть при настільки малих топологічних розмірах. Наукові завдання пов'язані, як і раніше, з особливостями поведінки матеріалів при зменшенні топологічного розміру транзистора. Наприклад, використовувана нами мідь має особливість: матеріал неоднорідний, утворює зерна, а від розміру зерен залежить провідність. Зі зменшенням розмірів транзистора при фіксованому розмірі зерен значно зростає опір, тому, щоб рухатися вперед і продовжувати зменшення розмірів транзистора, потрібно зменшити розміри зерен, інакше опір стає занадто великим. Інша проблема - збереження високої діелектричної проникності діелектриків при зменшенні товщини їх шару. Сучасні транзистори містять по 10-12 шарів діелектрика товщиною вже в ангстремах - десяті частки нанометра. Щоб зберегти діелектричні властивості, створюються нові матеріали, з гафнію наприклад. Ще одне завдання - зростаюча необхідність врахування квантових ефектів при зниженні топологічних розмірів. Фактично всі завдання переднього краю фізики твердого тіла і плазмохімії встають перед мікроелектронікою. Однак по ним є і розуміння, і плани щодо вирішення. Незважаючи на те що за відкриття графену була присуджена Нобелівська премія і йому пророкують велике майбутнє, є думка, що він зможе повністю замінити кремній. Швидше за все, для графена знайдеться ніша у виробництві певного роду пристроїв при загальному збереженні панування кремнію [25].

Фахівці по виготовленню мікродатчиків з компанії Northrop Grumman почали роботу над проектом оборонного наукового агентства DARPA по створенню мініатюрного гіроскопа для «розумних» судів, автомобілів, літаків. Основна мета програми MRIG полягає в розробці вібраційного гіроскопа, який буде в змозі безпосередньо виміряти кут повороту, що усуне необхідність в інтеграції цих даних з інформацією про кутову швидкість і накопичення помилок [26].

Швидко зростаючий сектор гібридних автомобілів використовує батареї для зберігання енергії, яка потрібна для їзди авто. Під час руху за допомогою генератора енергія перетворюється в електричний струм і, після зупинки автомобіля, зберігається в акумуляторах, або супер-конденсаторах. Як очікується, нанотехнології внесуть великий внесок в галузь розробки ультралегких, гнучких, тонких батарей і конденсаторів, товщиною не більше звичайної газети. Мікроструктурованні сонячні елементи вже можуть встановлюватися в люки і пропонуватися в якості опції на деяких автомобілях. Використання гнучких наноструктурних пластикових сонячних елементів з товщиною менше 1 мкм, дасть можливість покрити зовнішню поверхню автомобіля енергопоглинаючою плівкою [7].

Зменшення тертя. У сучасних автомобілях 10-15% витрат палива доводиться на тертя в двигуні (втрати при терті рухомих механічних частин: поршень, колінчастий привід, привід клапана). Нанопокриття для механічних вузлів і агрегатів, і наноструктурні

мастильні матеріали зменшують тертя і знос, тим самим зменшуючи витрати палива [6, 27].

Групою дослідників з відділення хімії університету Куїнс під керівництвом професора Гуоюн Лю був відкритий метод використання нанотехнологій для скорочення тертя в двигунах автомобілів і інших механізмах. Нанотехнологічна присадка для створення кращого змащування в основі своїй має надмалі полімерні частинки, величина яких кілька десятків нанометрів. В результаті тестових випробувань дані частинки поміщали в масло для автомобільного двигуна [28].

При деструкції (руйнування) масла виділяється атомарний водень, який проникає в поверхневий і підповерхневий шари металу. Атомарний водень вступає в хімічну реакцію з металом, утворюючи між кристалами металу тендітні сполуки (гідриди), що призводить до зниження міцності кристалічної решітки металу. Накопичуючись в мікропорожнинах металу (мікропори, дефекти лиття, зародкові мікротріщини), атоми водню з'єднуються в молекули, утворюючи газ (H_2), що створює усередині мікропорожнин надлишковий тиск. В результаті, метал, що втратив міцність, під впливом тиску водню зсередини і сил тертя зовні легко руйнується, тобто верхній шар металу поступово відривається від його поверхні. При цьому збільшуються технологічні зазори, що призводить до зносу агрегату. Більшість розробників протизносних складів не враховують процесу водневого зношування. Саме тому спроба запобігти зносу металу, захищаючи його тільки від тертя, а саме так працюють більшість присадок, дає лише тимчасовий ефект, незначно збільшуючи моторесурс [29].

Розроблені і запатентовані і сертифіковані покриття, які мають властивість саморегуляції. Потрапляючи в масло двигуна, під впливом сил тертя і тиску ЗВК «Реагент 2000» з фази рідкого стану перетворюється в дуже тверде, еластичне покриття, здатне витримувати тривале навантаження, практично не руйнуючись. Одночасно з величезною міцністю покриття має ще й наднизький коефіцієнт тертя. Покриття має властивість саморегуляції. Його товщина не рівномірна. Вона товще в місцях найбільшого зношування [30, 31].

"Розумні" матеріали для самостійного ремонту. Сьогодні в асортимент лакофарбової продукції всіх провідних брендів входять нанофарби (емалі і лаки), нанокосметика і інші нанопокриття, які відрізняються, в порівнянні з іншими видами лакофарбової продукції, стійкістю до механічних, теплових і світловим руйнівним факторам, надійним зчепленням з поверхнею, довговічністю і зручністю в експлуатації. Наноматеріали володіють особливістю, яка визначає всі їх феноменальні властивості - наночастинки, що входять до їх складу, мають розміри близько однієї мільярдної метра, що в 50 тисяч разів менше товщини людського волосу, в сотні разів менше бактерії і представляють собою щільноупаковані глобули, до складу яких входять від десяти до тисячі атомів хімічного елемента. В результаті, наночастинки мають величезну питому поверхню і можуть на атомному і субмолекулярному рівні взаємодіяти з різними матеріалами, утворюючи тонкі плівки, що відрізняються надзвичайною хімічною стійкістю і механічною міцністю. Інша корисна властивість наночастинок полягає в їх здатності ідеально заповнювати пори і дефекти поверхні, при цьому формуючи структуру, що в точності повторює структуру підкладки. Сьогодні автофарби на основі нанотехнологій - нанокосметика - включають покриття практично для всіх вузлів і агрегатів автомобіля: кузова, дисків, автоскла, шкіри, кераміки і т.п. Нанопокриття, не призначені, як правило, для виконання функції традиційних автофарб, а наносяться як дуже тонкий захисний шар поверх пофарбованої поверхні у вигляді лаку. Такий шар має низку цікавих захисних характеристик:

- формування ідеально гладкої глянсовою поверхні, здатної захищати основне лакофарбове покриття від знебарвлення, розтріскування і відколів в разі контакту з дрібними каменями і піском, а також при автомийці і парового очищення;

- захист від дії їдких хімічних сполук, зокрема, від кислот, лугів, розчинників і сніжно-сольової суміші;
- брудовідразливі властивості - дрібні частинки (комахи, бруд, краплі бітуму) легко видаляються вологою серветкою;
- нанопокриття проявляє властивість "самозатягування" в разі незначних дефектів (неглибокі невеликі подряпини, каверни від ударів дрібних камінчиків і піску). Провідними виробниками таких фарб вважаються Nissan Motor (Scratch Guard Coat), CeramiClear, ХАДО і деякі інші.

Процес нанесення нанокосметики проводять, як правило, на відповідних профільних СТО, хоча, в зв'язку з відносною простотою процесу, нанопокриття із балончика наносять і самостійно. Один набір професійної автокосметики в середній ціновій категорії розрахований на 2 - 3 автомобілі і стоїть в районі 100 - 150 доларів [32].

Перехід до водневого палива. Сьогодні вже майже всі автоконцерни заявили про те, що мають намір випускати електромобілі. Здебільше мотори електрокарів використовують електроенергію акумулятора, зарядженого від мережі, а також струм, що виник в результаті рекуперації. Однак є ще одне джерело електроенергії - паливні комірки. Про їх використання частіше пишуть в майбутньому часі. Насправді робота над запуском таких агрегатів в серійне виробництво йде повним ходом. Наприклад, в концерні Daimler. Паливні елементи - це складні і дорогі пристрої, в яких кисень, одержуваний з повітря, з'єднується з воднем, що знаходиться в балоні. При неконтрольованому з'єднанні цих двох газів відбувається вибух, а в керованих паливних комірках виникає електрика. Керує ними електроніка, для розміщення якої достатньо місця під сидінням водія. Балони з воднем в перспективній моделі від Mercedes-Benz умістили під задніми сидіннями. Батарея, де відбувається з'єднання газів і виробляється струм, розташована в багажнику, електромотор - на передній осі. Однієї заправки водню вистачає автомобілю Mercedes-Benz B-Klasse F-Cell на 400 км пробігу. Більш того, як пояснив Петер Фрешле (Peter Froeschle), що відповідає в концерні Daimler за розробку паливних елементів, якщо взяти інші балони або розташувати їх інакше, то дальність ходу можна ще збільшити [32]. Компанія Hyundai має намір виправити цю ситуацію, оголосивши про розробку нового автомобіля третього покоління на паливних елементах, майже закінчився назва Tucson ix FCEV. Як очікується, це найсучасніше транспортний засіб пройде етап прискореного тестування за 2011 рік, а великомасштабне його виробництво буде розгорнуто до 2016 року. У надрах Tucson ix Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV) знаходиться абсолютно нова високоефективна енергетична система на водневих паливних елементах, потужністю 100 КВт. Два водневих резервуара містять водень, на якому автомобіль зможе пройти відстань в 650 кілометрів. Для порівняння, автомобіль другого покоління Tucson FCEV був здатний пройти на тій же кількості водню відстань в 370 кілометрів [34].

Своє рішення задачі по переводу автомобілів на альтернативне водневе паливо запропонувала починаюча компанія QuantumSphere. Вона розробила технологію створення нанопокриттів з нікель-кобальтового, залізно-кобальтового, залізо-нікелевого або срібно-мідного сплавів шляхом вакуумного осадження парів цих матеріалів. При цьому на оброблюваній поверхні утворюється шар сферичних утворень з діаметром 16-25 нм, у багато разів збільшують площу електрода, що бере участь в реакції. Для ілюстрації можливостей технології компанія наводить таке порівняння: якщо вихідний матеріал, який використовується для створення покриття, має площу аркуша формату А4, то сумарна поверхня наносфер дорівнює за площею футбольному полю. В "цифровій формі" можна говорити про досягнення виробництва процесу електролізу на рівні 85%. Нанопокриття, розроблені QuantumSphere, можуть знайти застосування не тільки для ефективного електролітичного отримання водню, але і для інших додатків, заснованих на використанні електрохімічних процесів. Наприклад, за даними компанії щільність енергії в лужній батареї з катодом, що має нанопокриття, збільшується в п'ять разів, а потужність - на 320%. Значних поліпшень застосування нової технології дозволяє

домогтися також і в разі нікель-металогідридних акумуляторів, потенціально менш небезпечних для навколишнього середовища, ніж популярні сьогодні літій-іонні акумуляторні батареї [35].

Фахівці в області інновацій «Тойота Мотор Корпорейшн» розробили унікальну технологію спостереження за процесом деградації каталізатора, що входить до складу водневих паливних елементів. Завдяки винайденому дослідниками Тойота методу спостереження за наночастинками з'явилася можливість стежити за їх зміною в режимі реального часу. Відкриття може в найближчому майбутньому привести до появи більш ефективних і довговічних блоків паливних елементів нового покоління для автомобільних силових установок [36].

Висновки. Нанотехнології дозволяють значно поліпшити експлуатаційні характеристики існуючих і розроблюваних автомобілів. Застосування нових наноструктурованих сталей і сплавів дозволяє зменшити вагу автомобіля і підвищена сить міцності ін. фізико-механічні властивості деталей.

Список літературних джерел

1. Дерюгин Ю.Н. Суперкомпьютерные технологии в промышленности. Опыт применения и актуальные задачи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ospcon.ru/files/media/Deryugin.pdf>.
2. Volkswagen займеться разработкой цифровых сервисов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://toneto.net/news/tehnologii/Volkswagen-zaymyotsya-razrabotkoy-tsifrovih-servisov>.
3. Колесников В.А. Наноструктурированные сплавы и наноматериалы в автомобильной промышленности // Наукові вісті Даліського університету // Електронний журнал СХУ ім. В.Даля, 2011. – № 3. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2011_3/Tehno/11kvavap.pdf.
4. В.А. Колесников Новые наноструктурированные высокоазотистые марганцевые стали // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Електронне наукове фахове видання, 2009. – № 5. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/e-journals/Vsunud/2009-5E/09kvavms.htm>.
5. Колесников В.А., Балицкий А.И. Новые наноструктурированные сплавы – очередной шаг к экологической безопасности планеты // Збірник наук. праць сну ім. в. даля, № 1 (2). Прикладна екологія. - Луганськ: вид-во СХУ ім. В. Даля, 2010. – с. 137 - 142.
6. Предлагаются наноструктурированные стали. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/predlagayutsya-nanostrukturirovannye-stali>.
7. Нанотехнологии в автомобильной промышленности.[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nanostore.com.ua/nanotehnologii-v-avtomobilnoj-promyshlennosti-a-80.html>.
8. Сверхпрочная наноструктурированная сталь. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.nanometer.ru/2008/09/17/new_materials_53969.html.
9. Наносталь для автопрома. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nanonewsnet.ru>.
10. Balyts'kyi O.I., Kolesnikov V.A. Tribotechnical properties of high nitrogen steels *the dry friction circumstances* // *Materials Science (Springer)*. – 2009, vol. 45, N 4.- P. 576 - 581.
11. Kolesnikov V.O. Investigation of the wear products of high-nitrogen steel after hydrogenation // Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XA/2010. *Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture* – OLPAN, 2010, 10A,271 -275 p. <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot10a/Kolesnikov.pdf>.
12. Карлсон Л. Нержавеющая сталь – прошлое, настоящее и будущее // *Suvirinimas.Сварка* – журнал о сварочных технологиях и материалах. 2004. – № 1 (4) . – С. 17 – 20.

13. Stainless steels, Editors P. Lacobe et al, Les Éditions de Physique Les Ulls, 1993.
14. Introduction of stainless steels. J. Beddoes and J. Gordon Parr, ASM International, 1999.
15. Тенденции в современном машиностроении . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avtoprices.com/article/420>.
16. Степанов Н. Нанотехнологии снизят все автомобилей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/nanotekhnologii-snizyat-ves-avtomobilei>.
17. Нанотехнологии и наноматериалы идут в нанопромышленность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nano-portal.ru/post/1695>.
18. Удмуртия будет поставлять “вечные“ нанопружины. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/udmurtiya-budet-postavlyat-vechnye-nanoprzhiny>.
19. Компания Ford представила микроячеистый автомобильный пластик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2011/kompaniya-ford-predstavila-mikroyacheisty-avtomobilnyi-plastik>.
20. Ford's new chocolate-inspired plastic, made with air bubbles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: physorg.com.
21. Новый катализатор на благо работы двигателей автомобилей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/>.
22. Разработанный в университете Райс катализатор на основе наночастиц поможет автомобильным двигателям стать еще мощнее. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chemport.ru/datenews.php?news=2230>.
23. N. Soutanidis, W. Zhou, A. C. Psarras, A. J. Gonzalez, E. F. Iliopoulou, C. J. Kiely, I. E. Wachs, and M. S. Wong, "Relating n-Pentane Isomerization Activity to the Tungsten Surface Density of WO_x/ZrO_2 ," *J. Am. Chem. Soc.*, 132(38), 13462-13471 (2010). DOI: 10.1021/ja105519y.
24. Catalysis and nanomaterials laboratory. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ruf.rice.edu/~wonglab/publication.html>.
25. «Это уже наноэлектроника» Директор «Микрона» академик Геннадий Красников о микроэлектронике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gazeta.ru/science/2011/02/25_a_3538765.shtml.
26. DARPA заменит GPS микрогирископом. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rnd.cnews.ru/army/news/line/index_science.shtml?2011/04/04/434894.
27. Нано (nano) добавки, присадки, средства по уходу за двигателем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanostore.com.ua/dobavki/c/242.html>.
28. Нанотехнологии в автомобилестроении. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.promvest.info/news/index.php?ELEMENT_ID=31544.
29. Принцип действия Реагент 2000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.reagent2000.ru/action.html>.
30. Патент на изобретение № 20066708 Способ формирования сервовитной пленки на контактируемых трущихся поверхностях / Яковлев Г.М. / Российская Федерация. Роспатент. Заявлено 22.12.1992. Опубликовано 30.01.1994.
31. Физико-химическая картина процесса. Трение на примере пары металл – металл. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.argo-shop.com.ua/article-428.html>.
32. Автомобильная нанокосметика – идеальная защита [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kraski.org/page/55.html>.
33. Mercedes ездит на водороде. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,6361347,00.html>.
34. Hyundai представляет Tucson ix FCEV, автомобиль третьего поколения на водородных топливных элементах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2011/hyundai-predstavlyaet-tucson-ix-fcev-avtomobil-tretegopokoleniya-na-vodorodnykh-toplivnykh>.
35. Нанотехнологии и водород в качестве топлива для автомобилей.

[Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/nanotekhnologii-i-vodorod-v-kachestve-topliva-dlya-avtomobilei>.

36. Тойота готується к созданию водородных топливных элементов нового поколения [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://www.toyota.ru/news_and_events/2015/technological-research.json.

Колесніков Валерій Олександрович - к.т.н., м.н.м. сумісник лабораторії водневої стійкості конструкційних сплавів відділу фізичних основ руйнування та міцності матеріалів в агресивних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України; доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ.

Глюзицький Олександр Олександрович - магістрант кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ.