

(рис.3), при заданном тепловом потоке (рис.4), при совместном действии конвективного и лучистого теплообмена (рис.5) и комбинации конвективного теплообмена и теплового потока (рис.6).

Приведенные данные свидетельствуют о высокой точности результатов, полученных по разработанной методике: в области максимальных значений температуры отличие результатов по двум методикам не превышает 0,5%.

Следует отметить, что в зависимости от граничных условий данную методику можно использовать для приближенного определения температурного поля и в пластинчатых элементах конструкций, рассматривая при этом цилиндрическую оболочку большого радиуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галишин А.З. Определение нестационарных температурных полей в тонких слоистых оболочках вращения при осесимметричном нагреве / Галишин А.З., Стеблянко П.А., Шевченко Ю.Н. // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні науки). Тематичний випуск «Математичні проблеми технічної механіки» / Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2012. – Випуск 2 (19). – С.3-12.
2. Шевченко Ю.Н. Теория упругопластических оболочек при неизотермических процессах нагружения / Шевченко Ю.Н., Прохоренко И.В. – Киев: Наук. думка, 1981. – 296с. – (Методы расчета оболочек: В 5-ти т.; Т.3).
3. Краслоу Х.С. Теплопроводность твердых тел / Краслоу Х.С., Егер Д.К. – М.: Наука, 1964. – 488с.
4. Лыков А.В. Теория теплопроводности / Лыков А.В. – М.: Высшая школа. 1967. – 600с.
5. Рихтмайер Р. Разностные методы решения краевых задач / Рихтмайер Р., Мортон К. – М.: Мир, 1972. – 418с.

Поступила в редколлегию 16.09.2014.

УДК 621.431.73.004.5

КОРЖАВІН Ю.А., к.т.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

ГІБРИДНЕ АВТО – ЯКИМ ЙОМУ БУТИ, З ЯКИМ ДВИГУНОМ

Вступ. Що таке гібридний автомобіль? Як повідомляє Вікіпедія [1], Гібридне авто – високоекономічне авто, котре рухається завдяки системі «електродвигун - двигун внутрішнього згорання (ДВЗ)», споживаючи як пальне, так і заряд електроаккумулятора. Головна перевага гібридного авто - зменшення споживання пального та шкідливих викидів. Ефект досягається повним автоматичним режимом роботи двигуна з допомогою бортового комп'ютера, починаючи від своєчасного вимкнення двигуна під час зупинки в транспортному потоці, з можливістю продовжити рух без його повторного старту, виключно на енергії акумуляторної батареї, та закінчуючи складнішим механізмом рекуперації – використання електродвигуна як генератора електричного струму за рахунок енергії гальмування для відновлення заряду батареї [1].

Слід уточнити це визначення. Справа в тому в гібридному авто до двигуна внутрішнього згорання повинна додаватися система накопичення енергії з можливістю її перетворення в механічну роботу в потрібний момент (рекуперації енергії). Це може бути як електрична система, у вигляді одного, або декількох електродвигунів і батареї електричних акумуляторів (як описана у визначенні), або суперконденсаторів, так і

пневматична з пневмо-двигуном (двигунами), нагнітачем та ресиверами, або гідропневматична системи з гідронасосом гідродвигуном (двигунами) та гідро-пневматичним акумулятором. Можливі і інші схеми накопичувачів енергії.

Постановка задачі. В чому ефективність гібридного автомобіля? Як відомо додаткові системи гібридного автомобіля дозволяють:

- при гальмуванні накопичувати кінетичну енергію руху автомобіля;
- накопичувати надлишкову механічну енергію при забезпеченні руху автомобіля із заданою швидкістю, яку виробляє ДВЗ, що працює в оптимальному, найбільш економічному режимі періодично, на протязі часу, необхідному для заповнення накопичувача до заданої величини (80...95% в залежності від ємності накопичувача і використуваної частоти, та часі гальмування);
- забезпечувати виділення значної кількості енергії при старті автомобіля ще до запуску і прогрівання ДВЗ, за рахунок накопиченої енергії, або прирізкому прискоренні при роботі ДВЗ ;
- забезпечувати поступове ефективне вивільнення накопиченої енергії для підтримки досягнутого руху автомобіля;
- забезпечувати лагідний пуск і прогрівання ДВЗ під час руху автомобіля за рахунок накопиченої енергії, коли подальше накопичення енергії стає можливим і доцільним;
- забезпечувати тривале зберігання енергії в накопичувачі, коли автомобіль не використовується;
- забезпечувати мінімальну питому витрату палива і мінімальні питомі викиди вуглекислого газу.

Які схеми силових установок використовують для гібридних автомобілів?

Найбільш простою схемою гібридного автомобіля є оснащення його двома не пов'язаних між собою приводними системами, які можуть працювати як окремо, так і сумісно. Для цього найкраще підходять сучасні передньопривідні автомобілі. ДВЗ, через КПП головну передачу, і піввісі передає крутний момент на передні колеса. Електричний привід може біти виконаний у вигляді заднього мосту з фланцевим електродвигуном посередині, який механічно з'єднаний з задніми колесами через головний редуктор і піввісі. Електричний привід може біти виконаний і у вигляді електричних мотор-колес, встановлених в маточини як задніх, так і всіх колес. Електропривод отримує живлення від батарей акумуляторів, або суперконденсаторів, які заряджаються попередньо від мережі, та при гальмуванні під час руху. При такій схемі потужність автомобіля визначається як сума потужностей ДВЗ і електродвигуна [2].

Більш удосконаленою схемою є поєднання ДВЗ та електродвигуна через спеціальну роздавальну коробку, яка передає обертовий момент через трансмісію до колес.

Як правило витрата на виготовлення гібридного автомобіля на 6...15 тисяч доларів перевищують вартість на виготовлення класичного автомобіля, причому вартість електричний акумуляторів буде складати 5...10 тисяч доларів, а строк їх використання 5...8 років [3]. Враховуючи підвищену вартість гібридного автомобіля, короткий строк використання акумуляторів і зниження витрат на паливо і електроенергію економічна доцільність електричних гібридних автомобілів під великим сумнівом.

Альтернативні гібриди.

Гідрогібрид. Гібридна силова установка гідрогібрида включає комбінацію гідронасоса и ДВЗ, гідро-пневматичний акумулятор, гідромотор-колеса (або гідромотор поєднаний з мостом) и систему їх керування.

Пневмогібрид. Гібридна силова установка пневмогібрида включає ДВЗ, пневмонасос, пневматичні балони високого і низького тиску, пневмодвигун.

Підвищення ефективності гібридів можливе наступними шляхами:

- 1) підвищення ефективності ДВЗ за рахунок:
 - а) зниження витрат на подолання тертя за рахунок підвищенням чистоти, точності, та твердості поверхонь тертя, якості змащувальних матеріалів;
 - б) відмова від поступово зворотного руху деталей двигуна;
 - в) відмова від механічної передачі енергії від поршня ДВЗ до приймача енергії (електрогенератора, пневмо-, або гідронасоса), або до коліс;
- 2) підвищення ефективності накопичувачів енергії:
 - а) зниження вартості, підвищення строків використання та підвищення ємності акумуляторів енергії (літій-полімерні алюміній-повітряні електричних, тощо);
 - б) зниження вартості, та підвищення ємності електричних конденсаторів;
 - в) використання інших принципів накопичення енергії, наприклад, пневматичних, або гідропневматичних накопичувачів (акумуляторів);
- 3) створення та використання альтернативних схем отримання, накопичення і використання енергії.

Як розвиваються альтернативні гібриди?

Пневмогібрид має розвиток. Удосконалюються автомобільні двигуни. Розробляються і випробуються двигуни для рефрижераторів на рідкому повітрі [4]. Індійська компанія Tata завершує розробки і тести автомобіля OneCAT, двигун якого працює на стислому повітрі [5].

Наступного року в Peugeot готові випустити серійний пневмогібрид на силовій установці, розробленій концерном PSA [6]. Він оснащений удосконаленим трициліндровим бензиновим двигуном, пневмонасосом, пневматичними балонами високого і низького тиску, пневмодвигуном і класичною передньопривідною трансмісією. По інформації розробників витрата пального такої машини складе до 3 літрів на 100 км. Але механічні втрати в двигуні при перетворенні зворотно-поступового руху в обертальний і в трансмісії ще мають місце.

Має розвиток гідрогібрид. Розроблені схеми, вузли, проводяться експерименти.

Дизель-гідролінійний гібрид Ingocar, розроблений інженером Інго Валентином, принципово відрізняється від звичного для нас сучасного автомобіля [7, 8]. Його двигун обходиться без клапанного механізму, шатунів, колінчастого валу, системи мащення і охолодження, зчеплення, коробки передач і механічних приводів коліс. Карданного валу і диференціалів теж немає, хоча Ingocar – повнопривідний автомобіль. Сумарні втрати на тертя в силовій установці складають не більше 12% (у традиційних автомобілях – не менше 24%). Седана Ingocar з розрахунковою масою до тонни, повинен розігнатися до сотні за 5 секунд, а пікова потужність на колесах досягне 720 к. с., а витрата палива складатиме на рівні 1,8 л на 100 км. У основі гібридної повнопривідної платформи Ingocar лежить допоміжний двигун внутрішнього згорання, гідроакумулятор і гідравлічні мотор-колеса. Компактний турбодизель не має вихідного валу. Але він має можливість закачувати рідину з бака в гідравлічний акумулятор. У середині акумулятора знаходиться міцний еластичний резервуар, наповнений азотом. Теплова енергія згорання палива перетвориться в механічну енергію стислого газу. З акумулятора рідина під тиском поступає через трубопровід і регулятор на гідравлічні мотор-колеса, і автомобіль приходить в рух. Коли акумулятор повністю заряджений, двигун автоматично відключається, а при необхідності поповнення запасу енергії запускається знову.

При гальмуванні потік гідравлічної рідини в мотор-колесо перенаправляється за допомогою клапана назад в акумулятор. Тиск рідини швидко досягає пікових навантажень, і мотор-колесо уповільнює обертання. Втрачається лише незначна кількість енергії гальмування, велика ж її частина, від 70-85%, йде на стиснення азоту. У цьому циклі мотор-колесо працює як помпа, по гальмівному зусиллю не поступаючись дисковим гальмам сучасних автомобілів. При гальмуванні зі швидкості 100 км/год до повної зу-

пинки автомобіля накопичена енергія регенеративного гальмування дозволить Ingocar знову розігнатися від нуля до 70-85 км/год.

У міському циклі повної зарядки акумулятора достатньо в середньому на 8 км пробігу. Потім включається ДВЗ, який впродовж хвилини повністю заряджає акумулятор, одночасно обертаючи мотор-колеса. Далі цикл повторюється. У шосейному режимі руху витрата палива зростає через зростання аеродинамічного опору, але в цілому цикл роботи силової установки не міняється - паливо витрачається лише на п'яту частину поїздки.

Напрочуд проста конструкція двигуна Інго Валентина передбачає повну відсутність деталей, що обертаються, за винятком крильчаток турбонагнітача. Завдяки оппозитной архітектурі і вільним поршням мотор обходиться без шатунів, колінчастого валу, клапанного механізму. Два поршні розташовуються в загальній камері згоряння: на такті стиснення вони рухаються один назустріч одному, а на такті робочого ходу відштовхуються один від одного.

Концепція вільних поршнів означає, що кожен з них одночасно слугує поршнем ДВЗ і гідравлічної помпи. Після робочого ходу тиск рідини в гідравлічній системі повертає поршень в початкове положення і забезпечує стиснення повітря, або паливо повітряної суміші.

При робочому об'ємі 500 см³ мотор Інго Валентина зможе розвивати потужність 64 к. с. (майже 130 к. с. на літр). Витрата палива варіюється від 1,35 до 1,85 л на 100 км пробігу залежно від швидкості руху. Маса мотора - всього 32 кг, він в п'ять разів легше традиційного ДВЗ і в шість - сучасних гібридних силових установок. Мотор здатний використовувати різні види палива: дизель, бензин, біоетанол і біодизель. Міняються тільки налаштування системи управління. Ніякої спеціальної системи охолодження двигуну не потрібно, оскільки він завжди працює в оптимальному режимі - без провалів і пікових навантажень. Для ефективного відведення тепла досить природної циркуляції повітря у моторному відсіку. Це дозволяє відмовитися від радіатора, повітрязбірник якого на великих швидкостях значно збільшує аеродинамічний опір. За рахунок оптимальних проміжків між поршнем і стінкою циліндра масло двигуну Інго теж не потрібне, тобто не потрібні масляний картер, помпа і радіатор.

Другий ключовий елемент конструкції Ingocar, гідравлічне мотор-колесо. Проста конструкція, що складається з поршня, планетарної передачі, системи каналів і управляючих клапанів, легко справляється з передачею великого крутного моменту, і піковими навантаженнями при гальмуванні. При масі менше 6 кг і розмірах із звичайний дисковий гальмівний механізм мотор-колесо розвиває потужність до 230 к. с.

Електронна система управління дозволяє гнучко регулювати крутний момент, що передається на кожне колесо окремо. Зрозуміло, це стосується і гальмівного зусилля. При такому пристрої реалізація спеціальних алгоритмів системи стабілізації (ABS, ESP, інтелектуальний повний привід) не вимагає ускладнення конструкції (диференціалів, віскомуфт, механізмів управління гальмами) і додаткових енергетичних витрат. Завдяки простоті, малій кількості рухливих деталей, що рухаються, мотор-колесо працює практично безшумно у будь-якому режимі.

Втрати енергії в акумуляторі не перевищують 2-5% і викликаються незначним нагріванням азоту при швидкому стискуванні. Для порівняння: втрати енергії в сучасних літій-йонних акумуляторах досягають 10% і більше і закладені в самій технології. Важливо, що гідравлічний акумулятор здатний швидко заряджатися і розряджатися що потрібно для різких прискорень або руху у важких дорожніх умовах.

Енергія вихлопних газів обертає крильчатку турбонагнітача і вал електрогенератора для живлення бортової електроніки.

Все це заворожує. Однак немає інформації ні про широкі дослідження роботи ні автомобіля в цілому, ні силової установки, ні двигуна. Може причина у протидії гігантів світової автомобільної індустрії, або в помилках в розробці і проектуванні.

Спробу випробувати спрощену схему гідрогібриду зробили EPA и Chrysler [9]. Схема відрізняється від схеми класичного задньопривідного автомобіля тим що замість КПП установлений гідронасос, а карданий вал поєднаний з блоком гідронасос-гідромотор. Гідроагрегати поєднані між собою і з гідроаккумуляторами, через регулятори. Така схема не дозволить отримати усі переваги гідрогібрида, які передбачає схема Ingocar, але дозволить визначити доцільність гідрогібриду. Результати таких досліджень поки невідомі.

Висновки. Таким чином, є велика надія що гібридні автомобілі будуть розвиватися в напрямку гідро-гібридизації по схемі Ingocar, але для її втілення необхідна активна робота і науки, і практики.

ЛІТЕРАТУРА

1. uk.wikipedia.org
2. <http://auto.vesti.ua/avtopravo/51216-tajny-mirovoj-gibridizacii>
3. <http://forbes.ua/business/1343356-5-samyh-vygodnyh-gibridnyh-avtomobilej>
4. <http://www.dailytechinfo.org/auto/5588-v-evrope-gotovyatsya-ispytaniya-pervogo-gruzovogo-avtomobilya-s-dvigatelem-rabotayuschem-na-zhidkom-vozdue.html>
5. <http://www.autocentre.ua/video/event/indijskaja-tata-vypustit-avtomobil-rabotajuschij-na-szhatom-vozdukhe-186.html>
6. http://rss.novostimira.com/n_5458767.html
7. <http://www.futurecars.com/future-cars/hybrid-cars/ingocar-from-valentin-platform-of-the-future>
8. <http://www.carbodydesign.com/archive/2010/03/valentin-technologies-ingocar-preview/>
9. <http://inhabitat.com/the-epa-and-chrysler-team-up-to-develop-new-hydraulic-hybrid-minivan/>

Надійшла до редколегії 29.06.2014.

УДК 629.33

БУРЯ О.І., к.т.н., професор
ЧЕРНЕТА О.Г., к.т.н., доцент
МОВЧАН С.Р., магістр

Дніпродзержинський державний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЖИМНИХ ПІДШИПНИКІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Вступ. Однією із складових частин автомобіля є система зчеплення. Вона виконує важливу роль – служить для передачі крутного моменту від двигуна до коробки передач, робить можливим перемикавання передач і плавну зупинку автомобіля без вимикання двигуна і зрушення з місця без «ривків». Для відведення крутного моменту від коробки передач необхідно роз'єднати ведучий і ведений диски зчеплення, для чого служить вижимний підшипник, який сприймає зусилля від натискання педалі, таким чином вмикаючи і вимикаючи зчеплення. Правильне функціонування вижимного підшипника має важливе значення, оскільки при неповному роз'єднанні дисків зчеплення між ними виникає тертя, що призводить до їх швидкого спрацювання. Технічні харак-