

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра автомобілів і транспортних технологій**

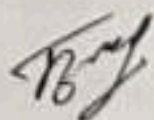
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
освітнього ступеня
бакалавр

Галузь знань 27 – «Транспорт»
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

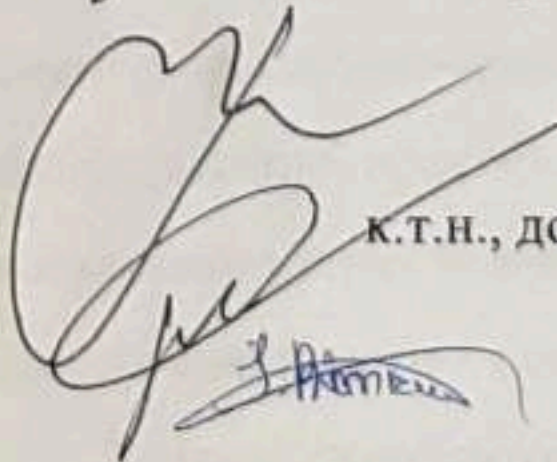
**Тема: «ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ АВТОМОБІЛІВ З
ГІБРИДНИМИ СИЛОВИМИ УСТАНОВКАМИ»**

Виконав:



ст. групи ААГ-21 Вадим ТКАЧЕНКО

Керівник:



к.т.н., доц. Андрій ІЛЬЧЕНКО

Завідувач кафедри:

к.т.н., доц. Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

Рецензент:

Іван ВІТЮК

Житомир 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет: комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра: автомобілів і транспортних технологій

Освітній ступінь: «бакалавр»

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 – Автомобільний транспорт»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри А і ТТ

Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

« 17 » 04 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня бакалавр

Ткаченка Вадима Миколайовича

1. Тема роботи: «Використання теплової підготовки автомобілів з гібридними силовими установками» затверджена наказом вищого навчального закладу від

« 17 » квітня 2023 року № 146

2. Керівник роботи: к.т.н., доц. Андрій ІЛЬЧЕНКО

3. Строк подання студентом завершеної роботи: 25.05.2023 р.

4. Вихідні дані до роботи: нормативно-правова документація; дані, що зібрано під час проходження переддипломної практики; власні розробки та пропозиції.

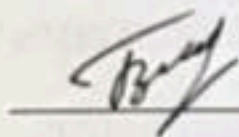
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ, формулювання мети і постановка задач роботи. 1. Відомості про гібридні автомобілі. 2. Теплові акумулятори з ефектом фазового переходу для теплової підготовки двигуна автомобіля. 3. Аналіз конструкцій теплових акумуляторів фазового переходу для автомобілів. 4. Схема утилізації енергії в гібридному автомобілі з метою її подальшого використання для теплової підготовки двигуна. Загальні висновки. Список використаних джерел.

Дата видачі завдання « 7 » квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

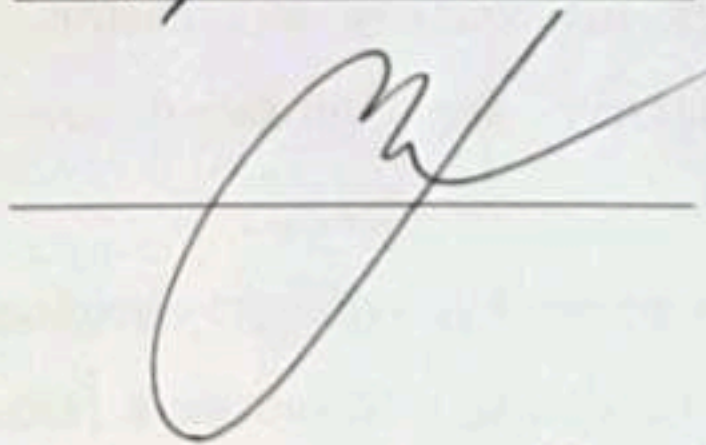
№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Відомості про гібридні автомобілі	20.02.2023	Виконав
2.	Теплові акумулятори з ефектом фазового переходу для теплової підготовки двигуна автомобіля	18.03.2023	Виконав
3.	Аналіз конструкцій теплових акумуляторів фазового переходу для автомобілів	28.04.2023	Виконав
4.	Схема утилізації енергії в гібридному автомобілі з метою її подальшого використання для теплової підготовки двигуна	21.05.2023	Виконав
5.	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2023	Виконав
6.	Рецензування	19.06.2023	Виконав
7.	Попередній захист	20.06.2023	Виконав
8.	Захист	___. ___. 2023	Виконав

Студент



Вадим ТКАЧЕНКО

Керівник роботи



Андрій ІЛЬЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота освітнього ступеня «бакалавр» присвячена покращенню процесу теплової підготовки автомобілів з гібридними силовими установками використанням теплових акумуляторів з теплоакumuлюючим матеріалом з фазовим переходом.

В першому розділі наведено основні відомості про гібридні автомобілі, їх класифікація і переваги. розглянуто різні типи гібридних автомобілів: з можливістю підключення до електромережі, Гібридні автобуси, вантажні автомобілі, автомобілі спортивного призначення. зазначено Принципові відмінності гібридів від інших автомобілів, особливості експлуатації та сервісу.

В другому розділі розглянуто теплові акумулятори з ефектом фазового переходу для теплової підготовки двигуна автомобіля. показано особливості їх конструкції для транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання і стаціонарних енергетичних установок.

Третій розділ присвячено аналізу конструкцій і вибору теплових акумуляторів фазового переходу для теплової підготовки гібридних автомобілів.

В розділі 4 розроблено структурну і електричну схему утилізації енергії в гібридному автомобілі з метою її подальшого використання для теплової підготовки двигуна гібридного автомобіля.

В кінці роботи зроблено загальні висновки про можливість утилізації енергії в автомобілях з гібридною силовою установкою з подальшим її використанням для теплової підготовки двигуна автомобіля.

Ключові слова: гібридний автомобіль, підігрів, розігрів, тепла підготовка двигуна, тепловий акумулятор, фазовий перехід, паливна економічність, екологічні показники.

ABSTRACT

The qualification work of the educational degree "bachelor" is devoted to the improvement of the process of thermal preparation of cars with hybrid power plants using heat accumulators with heat-accumulating material with a phase transition.

The first section provides basic information about hybrid cars, their classification and advantages. different types of hybrid cars are considered: plug-in, hybrid buses, trucks, sports cars. the fundamental differences of hybrids from other cars, features of operation and service are indicated.

In the second section, thermal accumulators with the effect of phase transition for thermal preparation of the car engine are considered. features of their design for vehicles with internal combustion engines and stationary power plants are shown.

The third section is devoted to the analysis of structures and the selection of thermal accumulators of phase transition for thermal preparation of hybrid cars.

In chapter 4, a structural and electrical diagram of energy utilization in a hybrid car is developed with the aim of its further use for thermal preparation of the hybrid car engine.

At the end of the work, general conclusions were made about the possibility of energy utilization in cars with a hybrid power plant and its further use for thermal preparation of the car engine

Key words: hybrid car, heating, warm-up, thermal preparation of the engine, thermal battery, phase transition, fuel efficiency, environmental indicators.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ВІДОМОСТІ ПРО ГІБРИДНІ АВТОМОБІЛІ

1.1. Класифікація і переваги гібридних автомобілів

1.1.1. Типи гібридних автомобілів

1.2. Гібриди з можливістю підключення до електромережі

1.3. Гібридні автобуси

1.4. Гібридні вантажні автомобілі

1.5. Гібридні автомобілі спортивного призначення

1.6. Виробники та доступні моделі гібридних автомобілів сьогодні

1.7. Принципові відмінності гібридів від інших автомобілів

1.8. Особливості експлуатації та сервісу гібридних автомобілів

**РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ АКУМУЛЯТОРИ З ЕФЕКТОМ ФАЗОВОГО
ПЕРЕХОДУ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ**

.....

2.1. Особливості конструкції теплових акумуляторів фазового переходу
для транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання
і стаціонарних енергетичних установок

**РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ
ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ**

**РОЗДІЛ 4. СХЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГІЇ В ГІБРИДНОМУ АВТОМОБІЛІ
З МЕТОЮ ЇЇ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ
ПІДГОТОВКИ ДВИГУНА**

ВИСНОВКИ

Список використаної літератури

ВСТУП

При експлуатації транспортних засобів з різними силовими установками, в тому числі з гібридними, і стаціонарних двигунів внутрішнього згорання, особливо в умовах низьких температур, виникає проблема їх безаварійного пуску й підготовки до прийняття навантаження (попередній передпусковий прогрів), що пов'язано з правильним і необхідним тепловим балансом двигуна внутрішнього згорання для досягнення кращих його техніко-експлуатаційних показників в процесі роботи. Температурний режим роботи двигуна тісно пов'язаний з його паливної економічністю, екологічними показниками роботи, потужністю, що виробляється, зношувальними процесами, що відбуваються в ньому.

Ефективність використання автомобільних двигунів внутрішнього згорання в умовах експлуатації суттєво залежить, в тому числі, від часу, який витрачається на допоміжні операції. До таких операцій, у складі транспортного засобу, відноситься передпускова тепла підготовка транспортних двигунів, що містить у собі комплекс заходів, які забезпечують впевнений пуск двигуна і прискорену його теплову підготовку до прийняття навантаження відразу після пуску.

Тепловий стан автомобільного двигуна впливає на процеси зношування поверхонь, утворення відкладень, показники надійності деталей, ефективні показники двигунів і транспортних засобів в цілому. Для усунення вищевказаних проблем, покращення роботи двигуна в цілому доцільним є впровадження технологій акумулювання теплоти. Таке акумулювання краще проводити з використанням матеріалів з певними фізико-хімічними властивостями, що робить цей процес більш привабливим та економічно ефективним. Це матеріали, що мають властивості фазових переходів типу плавлення, кристалізації, випаровування тощо.

Базуючись на досвіді використання енергозберігаючих і гібридних систем на транспорті, електричних накопичувачів (конденсаторів) надвеликої місткості, може бути цілком обґрунтованим вибір структури, принципу дії рекуперативної системи «накопичення-збереження-віддачі» теплової енергії і схеми включення її

в мережу системи охолодження (змащування, випуску відпрацьованих газів тощо) автомобіля.

Актуальним напрямком вирішення проблем теплової підготовки транспортних двигунів в гібридних силових установках автомобілів в умовах експлуатації може бути поєднання можливостей рекуперативної системи транспортного засобу з електричною тягою і системою утилізації теплової енергії транспортного двигуна.

Метою роботи є покращення процесу теплової підготовки двигуна внутрішнього згорання автомобіля з гібридною силовою установкою використанням системи накопичення теплової енергії.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- провести аналіз переваг і недоліків автомобілів з гібридними силовими установками, їх класифікації та практичного застосування;
- розглянути існуючі конструкції теплових акумуляторів з ефектом фазового переходу для теплової підготовки двигуна автомобіля;
- розробити схему рекуперативної системи транспортного засобу з електричною передачею, яка може бути реалізованою в силових установках автомобіля, які мають можливість використання енергії двигуна внутрішнього згорання і електричної енергії, тобто в гібридних схемах силових установок автомобілів.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГІБРИДНІ АВТОМОБІЛІ

Автомобіль називається гібридний тому, що використовує для приводу ведучих коліс більше одного джерела енергії (рис. 1.1.).

Сучасні виробники автомобілів часто використовують схему, коли одночасно використовується двигун внутрішнього згорання і електродвигун. Це дозволяє уникнути роботи двигуна внутрішнього згорання на режимах малих навантажень, а також реалізовувати рекуперацію кінетичної енергії, що призводить до підвищення паливної економічності всієї силової установки автомобіля.

Ще один поширений вид гібридів – це автомобілі, в яких двигун внутрішнього згорання працює спільно з двигунами, що працюють на стиснутому повітрі.

Важливо відрізнити від гібридів транспортні засоби з електромеханічною трансмісією, якими є тепловози, деякі кар'єрні самоскиди (крім останніх розробок, де застосовано послідовний гібридний привід), трактори типу ДЕТ-250 та військова техніка.



Рис. 1.1. [Honda Civic](#) Hybrid, 2006

Ідея заміни механічної коробки передач електричними проводом була впроваджена на залізничному транспорті та великовантажних кар'єрних самоскидах. Застосування цієї схеми обумовлено високою складністю створення механічної передачі значного, і при цьому змінного, крутного моменту на колеса транспортного засобу.

Двигуни внутрішнього згорання мають навантажувальну характеристику (залежність потужності від частоти обертання валу), яка має оптимальні показники в вузькому діапазоні, який як зміщений в бік обертів, близьких до максимальних. В автомобілях з коробкою передач в трансмісії це компенсується саме коробкою передач, які зменшують внаслідок внутрішніх втрат загальний коефіцієнт корисної дії трансмісії і всього автомобіля в цілому.

Додатковою технічною складністю звичайних трансмісій є неможливість зворотного обертання валу двигуна внутрішнього згорання для забезпечення руху заднім ходом. Навантажувальна характеристика електричного двигуна практично рівномірна в усьому діапазоні робочих обертів, він може бути відносно миттєво запущений, зупинений та реверсований. Електричний двигун не вимагає холостого ходу. Це дозволяє виключити механізм зчеплення як елемент трансмісії, а в деяких випадках повністю її позбутися, якщо розмістити електричні двигуни безпосередньо в колесах автомобіля, використавши, так зване, мотор-колесо.

При застосуванні електричної трансмісії двигун, який працює на звичайному паливі, обертає електричний генератор. Струм, що виробляється генератором, через систему управління передається на електродвигуни, які приводять в рух транспортний засіб. Фактично на електромобілі розташовано на

електростанцією для вироблення електричної енергії для його руху. Схема роботи гібридного автомобіля багато в чому аналогічна, але суттєво модифікована. Перш за все схема доповнена проміжним накопичувачем енергії, який являє собою акумуляторну батарею меншої ніж у звичайного електромобіля, ємністю і, відповідно, вагою.

Гібридний автомобіль поєднує переваги електромобіля і автомобіля з двигуном внутрішнього згорання. Він має більший коефіцієнт корисної дії та більший запас ходу у порівнянні з автомобілями з двигунами внутрішнього згорання.

1.1. Класифікація і переваги гібридних автомобілів

Сьогодні автомобілі з гібридними силовими установками (рис. 1.2.) випускають багато автомобільних виробників. Це, перш за все, пов'язано з кращими екологічними показниками гібридних автомобілів.



Рис. 1.2. Гібридна силова установка

Встановленням гібридних силових установок автовиробники досягають кількох цілей:

- зменшення викидів вуглекислого газу (CO_2), який є джерелом парникового ефекту на планеті і призводить до глобального потепління;
- зменшення витрат на паливо для автовласників робить їх більш привабливими;
- завдяки двом джерелам крутного моменту такі автомобілі мають покращені динамічні характеристики.

Двох перших переваг досягають за рахунок:

- можливості руху з використанням електричної енергії, особливо на режимах, коли коефіцієнт корисної дії у двигуна внутрішнього згорання низький;
- реалізованому режиму рекуперації енергії гальмування (гальмування електродвигуном, який працює в режимі генератора, виробляючи електроенергію для заряджання акумуляторної батареї автомобіля);
- розгону за допомогою двигуна внутрішнього згорання та електродвигуна;
- вимикання двигуна внутрішнього згорання на коротких зупинках (режим start-stop).

Конструктивно все це відбувається по-різному, тому ефект, який одержує споживач, теж відрізняється.

1.1.1. Типи гібридних автомобілів

Загальноприйнята класифікація гібридів передбачає три їх типи:

- послідовний;
- паралельний;
- послідовно-паралельний.

Послідовний гібрид (рис. 1.3.) - конструкція, в якій двигун внутрішнього згорання (дизельний або бензиновий) приводить в дію тільки електричний генератор. Двигун внутрішнього згорання в такій схемі працює в режимі максимально економічному режимі для покращення коефіцієнта корисної дії всієї конструкції. Електроенергія, яку виробляє генератор, надходить або на тяговий електродвигун, або заряджає акумуляторну батарею. Електродвигун у цій схемі через трансмісію передає на колеса необхідний крутний момент, а в режимі гальмування працює як генератор, заряджаючи акумулятор (режим рекуперації енергії гальмування). Такі гібриди маркуються аббревіатурою REEV (range-extended electric vehicle) або EREV (extended-range electric vehicle).

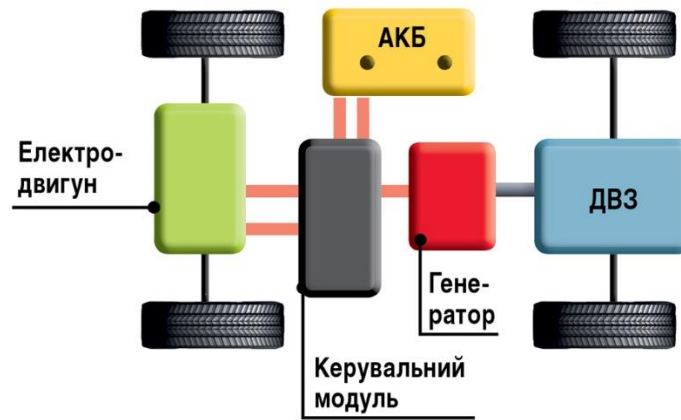


Рис. 1.3. Послідовна схема гібридної установки

Така конструкція має свої переваги і недоліки. Плюси цієї схеми – постійна робота ДВЗ у найбільш економічному режимі, простота керування і відсутність складної трансмісії. З мінусів варто відзначити малий коефіцієнт корисної дії механізму передачі енергії від двигуна внутрішнього згорання до ведучих коліс автомобіля. Така конструкція використовується в моделі BMW і3 REx, купе Cadillac ELR і Chevrolet Volt 2015 модельного року, а також в автобусах з гібридними силовими установками, наприклад, Toyota Coaster Hybrid.

Паралельна конструкція (рис. 1.4.) має в своєму складі двигун внутрішнього згорання і тяговий електричний двигун, які пов'язані з тяговими колесами автомобіля. Електродвигун отримує живлення від акумуляторної батареї. Оскільки крутільний момент від первинного валу може бути безпосередньо переданий на колеса автомобіля, коефіцієнт корисної дії такого гібрида вищий.

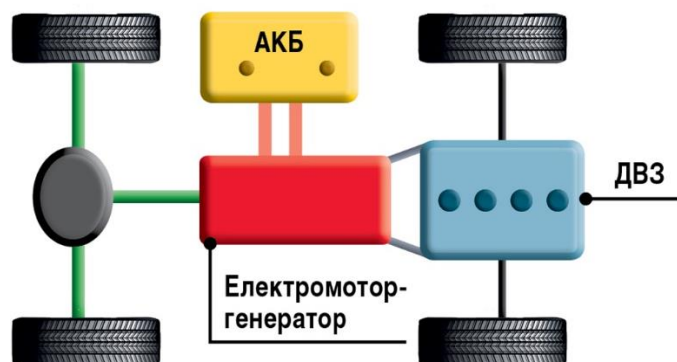


Рис. 1.4. Паралельна схема гібридної установки

В паралельній схемі використовується один або два електродвигуна (генератор і тяговий двигун). Якщо електродвигун один, передбачається можливість його роботи в режимі як генератора, так і в режимі тягового двигуна. Але, в такій схемі виходить доволі складна конструкція трансмісії, тому що крутильний момент потрібно передавати на колеса і від двигуна внутрішнього згорання, і від електродвигуна. Це знижує коефіцієнт корисної дії всієї силової установки. Крім цього, двигун внутрішнього згорання не може весь час працювати на економічних режимах. Таку конструкцію силових агрегатів мають моделі Honda–Civic Hybrid, Insight і CR-Z.

Послідовно-паралельна схема гібридної силової установки (рис. 1.6.) поєднує в собі обидві вищезазначені схеми. Завдяки такому комбінованому рішенню вдалося отримати переваги обох систем. В цьому випадку є і двигун внутрішнього згорання, і електродвигун, коли залежно від умов автомобіль може рухатись тільки на електротязі (до 1,5–2,0 км), або тільки на тязі від двигуна внутрішнього згорання, або рушійну енергію колеса можуть отримувати одночасно від обох цих джерел.

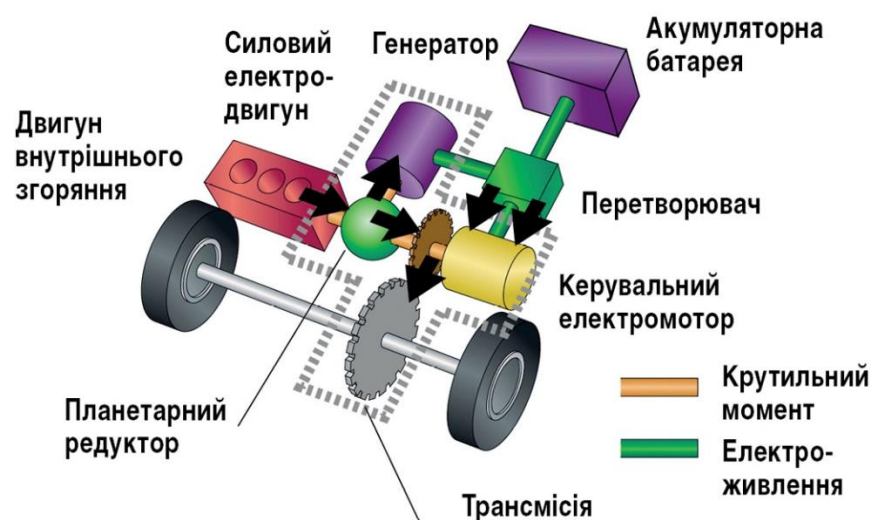


Рис. 1.6. Комбінована гібридна установка

У компанії Toyota в силовій установці Toyota Hybrid System використано планетарний дільник силового потоку (крутильного моменту), який надходить від

двигуна внутрішнього згорання, і може гнучко змінюватися, передаючи частину енергії на генератор, а частину на колеса автомобіля. Електроенергія, яка при цьому виробляється, може одразу йти як для живлення силового електродвигуна, так і для підзарядки акумуляторних батарей. Ця конструкція впроваджена в низці моделей Toyota, серед яких Prius, Yaris Hybrid, Auris Hybrid, Camry Hybrid, Avalon Hybrid, а також в моделях Lexus – CT 200h, IS 300h, GS 300h, GS 450h.

Схема комбінованого гібриду застосовується і в повнопривідних моделях. Але у них колеса передньої осі приводяться в дію вищезазначеною комбінованою системою, як у передньопривідних моделей, а для приводу коліс задньої осі використовується окремий електродвигун. Така конструкція значно простіша, без складної трансмісії з карданними передачами і редукторами. Її застосовують у повнопривідних позашляховиках, наприклад у Toyota Highlander Hybrid і RAV4 Hybrid.

Раніше вважалося, що гібриди можуть заряджати тільки самі себе, коли електричний двигун працює в режимі генератора (при рекуперації енергії гальмування, під час руху в режимі гальмування двигуном тощо). Але Toyota однією з перших пішла далі і зробила модель Prius такою, що заряджається від зовнішніх електричних мереж. Ці гібриди отримали назву plug-in hybrid (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV). Вони мають в своїй конструкції акумуляторну батарею підвищеної ємності (у Toyota літій-іонні замість нікель-металгідридних), які можна заряджати від побутової електромережі. Тому plug-in hybrid можуть пересуватися з використанням електричної енергії на відносно великій відстані.

Існують декілька важливих ознак, за якими також поділяють гібридні автомобілі. Так, за схемою підключення двигунів та накопичувача до приводу вони бувають:

- з послідовним підключенням: насправді такий спосіб є модифікацією електромеханічної трансмісії з додаванням проміжного накопичувача. В такому випадку двигун внутрішнього згорання механічно з'єднаний тільки з електричним генератором, а тяговий електродвигун з'єднується тільки з колесами автомобіля. Як приклад, можна зазначити автомобіль [Chevrolet Volt \(рис. 1.7.\);](#)

- з паралельним підключенням: двигун внутрішнього згорання і електричний двигун механічно з'єднані з колесами за допомогою диференціала, який забезпечує можливість їх роботи і окремо, і спільно. Ця схема використовується в автомобілях з Integrated Motor Assist (Honda). Таке підключення характеризується відносно простою схемою та низькою вартістю (можливе застосування разом із механічною коробкою передач);
- з послідовно-паралельним підключенням: двигун внутрішнього згорання, генератор та електродвигун механічно пов'язані між собою та з колесами автомобіля через планетарний редуктор. Це дозволяє змінювати за необхідністю потоки потужності між ними. Така схема реалізована в автомобілях з Hybrid Synergy Drive (Toyota), наприклад Toyota Prius.



Рис. 1.7. [Chevrolet Volt](#) на підзаряджанні

За типами накопичувачів гібридні автомобілі бувають:

- електричні (на основі електрохімічних акумуляторів або на основі інерційних накопичувачів);
- механічні (на основі пневматичних акумуляторів, гідроакумуляторів з пневматичним накопичувачем або інерційних накопичувачів).

Як проміжний накопичувач, крім акумуляторних батареї, в гібридних автомобілях можуть використовуватися батареї конденсаторів та іоністори

(суперконденсатори). У випадку застосування накопичувача енергії значної ємності гібридний автомобіль має можливість рухатися без включення двигуна внутрішнього згорання, тобто в режимі електромобіля (Chevrolet Volt). Якщо заряджання накопичувача електричної енергії може проводитися не тільки від основного двигуна, а також і від електричної мережі, такий гібридний автомобіль називають «гібрид, що підключається» ([англ. Plug-in Hybrid](#)).

Важливою перевагою гібридного автомобіля є зниження витрати палива та викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигуна внутрішнього згорання. Це досягається повним автоматичним керуванням роботою двигунів на всіх режимах руху автомобіля: від своєчасної зупинки двигуна під коли автомобіль не рухається з можливістю негайного відновлення руху автомобіля без запуску двигуна виключно на енергії накопичувача. Є можливим складний режим рекуперації енергії через використання кінетичної енергії автомобіля, що рухається, при уповільненні для зарядки накопичувача. При цьому електричний двигун переходить в режим роботи генератора і виробляє електричну енергію. Важливим моментом є те, що дану енергію можна запасати як для руху автомобіля, так і для теплової підготовки двигуна внутрішнього згорання, кабіни вантажного, салону легкового автомобіля і автобуса.

Як і у випадку з електромеханічною трансмісією, двигун внутрішнього згорання, як правило, працює на оптимальних режимах щодо витрати палива і викидів токсичних речовин з відпрацьованими газами.

Основною причиною розробки і виробництва легкових гібридних автомобілів став вагомий ринковий попит на автомобілі зі зменшеними витратами нафтового палива та постійним посиленням вимог до їх екологічних показників. Необхідно підкреслити, що це стало можливим завдяки вдосконаленню технологій та появі нових енергоємних акумуляторів і правильною податковою політики країн де вони виробляються та країн з ринками збуту. В багатьох країнах власникам гібридних автомобілів надаються пільги, зокрема, звільнення від сплати дорожнього податку, право користування виділеною смугою на шосе, безкоштовними автостоянками тощо [2].

Автомобілі з гібридними силовими установками стали суттєвою компромісною альтернативою таких недоліків електромобілів як значна маса акумуляторів, необхідність їх відносно тривалої зарядки, недостатньо розвиненою інфраструктурою зарядних станцій та недостатня дальність пробігу.

Першим автомобілем з гібридною силовою установкою вважається Lohner-Porsche (рис. 1.8.), розроблений конструктором Фердинандом Порше в 1900-1901 роках. В США гібридні автомобілі почав розробляти Віктор Воук у 60-70-ті роки XIX сторіччя.



Рис. 1.8. Автомобіль Lohner-[Porsche](#), 1900

В 1980 році компанія Volvo проводила дослідження роботи силової установки для автомобіля з маховиком, що розганявся дизельним двигуном та електродвигуном і використовувався для рекуперації гальмівної енергії. Згодом від роботи по цьому проекту припинили на користь використання гідравлічних акумуляторів, хоча, як показали дослідження, таке рішення дозволяло досягти економії палива близько 45 %.

Незважаючи на різні принципи дії силових установок цих гібридів, ефективність їх виявилася близькою - витрата палива знижувалась приблизно вдвічі, а викиди токсичних речовин з відпрацьованими газами двигуна внутрішнього згорання - у кілька разів. Однак ці технології не були затребувані, оскільки рівень розвитку техніки тоді ще не дозволяв зробити подібний привід достатньо надійним та гнучким за помірною ціною [5].

З точки зору безпеки дорожнього руху гібридні автомобіля мають суттєвий недолік. Згідно з дослідженням американського Інституту з оцінки збитків на дорогах (Highway Loss Data Institute) гібриди через свою безшумність при русі на електричній тязі підвищують небезпеку для пішоходів у порівнянні з автомобілями з традиційними двигунами. Статистика показала, що наїзди гібридних автомобілів на пішоходів відбуваються на 20 % частіше, а ступінь збитків набагато вищий. Вирішенням цього питання може стати оснащення гібридних автомобілів генератором звукового сигналу, який на невеликих швидкостях руху попереджає пішоходів про наближення автомобіля. Такими засобами підвищення безпеки руху з 2010 року оснащуються гібриди Toyota Prius. Але, вимоги законодавства щодо наявності генератора звуку в гібридних та електричних машинах нині існують тільки в Японії та США.

1.2. Гібриди з можливістю підключення до електромережі

Гібридний автомобіль з можливістю підключення до електромережі (англ. Plug-in Hybrid Electric Vehicle або PHEV) не обов'язково підключати до електричної мережі, але таку можливість конструкцією передбачено. В результаті в наявності всі переваги електромобіля без найбільшого недоліку - обмеження пробігу на одному заряді. Автомобіль більшу частину пройденого за заряд шляху використовується як електромобіль, як тільки заряд падає нижче передбаченого певного заряду, включається бензиновий або дизельний двигун невеликої потужності і автомобіль далі працює в режимі послідовного гібриду. Відбувається рух з заряджанням накопичувачів електричної енергії. Після їх заряджання двигун вимикається і автомобіль здійснює рух на електричній енергії, цикл повторюється. При цьому собівартість перевезен можна суттєво знизити, якщо зарядка проводити в години, коли електроенергія коштує менше.

Прикладом PHEV є модель Toyota Prius Prime і Toyota RAV4 Prime, що випускаються Toyota Motor, а також Chevrolet Volt, що випускається концерном General Motors з 2010 року. За кількістю гібридів Toyota лідирує, активно випускаючи ці автомобілі з 1997 року причому в модифікаціях як звичайних

автомобілів серії Prius, кросоверів серії Lexus RX400h, так і люкс-класу автомобілів - Lexus LS 600h. За 2006 рік було продано понад півмільйона лише моделі Prius у всьому світі. Технологію гібридного приводу Toyota HSD ліцензували Nissan (Altima Hybrid) та Ford (Escape Hybrid),.

Важливе питання, яке стримує масове виробництво гібридних автомобілів, є дефіцит акумуляторів. Для зменшення масово-габаритних показників з достатньою енергоємністю вони виготовляються за «нікель-метал-гідридною» технологією.

Незважаючи на велику вартість акумуляторів в 2006 році в Японії було продано 90 410 гібридних автомобілів. Це на 47,6 % більше, ніж у 2005 році. В 2007 році в США продажі гібридних автомобілів зросли на 38 % у порівнянні з 2006 роком. Сьогодні автомобілі з гібридними технологіями в США займають 2,15 % ринку нових легкових автомобілів. Всього з 1999 року до кінця 2007 року в США було продано 1002000 гібридних автомобілів.

1.3. Гібридні автобуси

Автобуси з дизель-електричними гібридними силовими установками (рис. 1.9.) розробляють та виготовляють багато країн світу:

- New Flyer Industries - Канада. Випускає гібридні автобуси з 1997 року.
- General Motors - Гібридна схема GM/Allison розроблена спільно з компаніями DaimlerChrysler і BMW;
- DaimlerChrysler - автобус Orion VII. Гібридна схема розроблена разом із компанією BAE Systems;
- Optima Bus Corporation (США) - Гібридна схема розроблена спільно ISE-Siemens;
- First Automotive Works (FAW) (Китай) - Гібридна схема Enova;
- Enova (США);
- Solaris Bus & Coach (Польща) - Гібридна схема GM/Allison;
- Optare Group (Великобританія) - Гібридна схема GM/Allison;

- APTS (Нідерланди) - Гібридна схема GM/Allison (Phileas);
- Nova Bus (Канада) - Гібридна схема GM/Allison;
- DesignLine International Holdings (Нова Зеландія). На автобусах встановлені акумулятори та мікротурбіни компанії Capstone MicroTurbine;
- Dongfeng Motor Company (Китай) - автобус Dongfeng EQ6110;
- Beiqi Foton Bus (Китай) - Гібридна схема Eaton Corporation;
- Volvo - Volvo 7700 Hybrid;
- Hyundai Motor Company - автобус Blue City.



Рис. 1.9. Гібрид Orion VI Metrobus

Гібридні автобуси найбільшого поширення набули у Північній Америці. General Motors з 2004 року до червня 2008 року в понад 30 міст Канади та США поставив 1000 гібридних автобусів. Компанія Orion Bus Industries до вересня 2009 року виготовила 2200 гібридних автобусів. Вже на початку 2006 року у Лондоні почали експлуатуватись перші шість гібридних автобусів. First Automotive Works розпочала виробництво гібридних автобусів восені 2005 року.

Перспективним напрямком вважається сьогодні гібридна схема для автобусів, що складається з акумуляторів та водневих паливних елементів. Такими розробками активно займаються:

- Toyota та Hino (Японія);
- Van Hool (Бельгія) спільно з компаніями ISE Corp і Power (США).

1.4. Гібридні вантажні автомобілі

Гібридні схеми для вантажних автомобілів (рис. 1.10) часто використовуються для кар'єрних самоскидів. Для вантажівок загального призначення (рис. 1.6.) їх розробляють компанії:

- Azure Dynamics (США);
- Alcoa спільно з Altair Nanotechnologies (США) розробляють акумулятори для гібридних вантажівок;
- Nissan спільно з ZF Friedrichshafen AG (Німеччина);
- Odyne Corporation (США);
- Peterbilt 386 hybrid (США) спільно з Eaton;
- Oshkosh Truck Corp Архівна копія від 22 грудня 2007 року на Wayback Machine;
- Volvo Cars та МАС;
- Hino Motors (Японія);
- [Caterpillar Inc. \(США\)](#);



Рис. 1.10. Гібридна вантажівка японської компанії Hino Motors

1.5. Гібридні автомобілі спортивного призначення

Все більш жорсткі технічні регламенти автомобільних гонок змушують конструкторів гоночних машин звертати увагу на різні нетрадиційні методи збільшення їх ефективності. Використання гібридної силової установки - один із таких методів. Вперше інформація про їх застосування появилась наприкінці 90-х р.р., коли три команди «Формули-1» вели розробки такої системи. Гібридна установка дозволяла заряджати акумулятори при гальмуванні, щоб потім видати енергію для додаткового розгінного імпульсу. Спочатку ФІА заборонила роботу над цими системами через побоювання неконтрольованого зростання витрат, але

сучасні реалії змусили знову звернути на них увагу. З 2009 р. використання таких систем у перегонах Ф1 дозволено. Їх застосування має багато переваг:

- покращення характеристик гальмування;
- можливість короткочасного збільшення потужності, що важливо на старті та для обгону;
- двигун працює в більш вигідних режимах, що дозволяє зменшити витрату палива.

Гібридний автомобіль Toyota Supra HV-R виграв 24-годинну гонку в Токайчі, а в 2008 році в гонці «24 години Нюрбургрингу» приймав участь гібрид Gumpert Apollo. В 2010 році Porsche 911 GT3 Hybrid (рис. 1.11) з механічною системою рекуперації енергії постійно лідирував у гонці, але зійшов з дистанції через поломку основного двигуна.



Рис. 1.11. Спортивний Porsche 911 GT3 Hybrid

В гонках на витривалість гібридна системи має додаткову перевагу у вигляді кращої економічності. Це також дозволяє економити час скороченням його на дозаправках. Вже з 2011 року регламент LMP1 допускає застосування гібридних приводів автомобілів, але спрямованих не покращення швидкісних показників, виключно на економію палива.

У 2012 році гібридний автомобіль Audi виграв гонку «24 години Ле-Мана» а потім здобув ще дві перемоги надалі. При цьому в гонці перемогали тільки

гібридні автомобілі [16]. В тому ж 2012 році латвійська команда на гібридному OSCar eO успішно фінішувала в ралі Дакар.

Існує студентський клас гібридних спортивних автомобілів, коли у рамках регламенту студенти самі створюють унікальні конструкції. Змагання проводять на трасі NASCAR New Hampshire Motor Speedway в США та Формула-1 Silverstone.

Групою вчених (Н. В. Гуліа, В. В. Давидов, А. І. Лаврентьев та ін.) запропоновано метод радикального збільшення ефективності гібридного силового агрегату через зниження втрат в трансмісії автомобіля. Розроблено диференціальну систему поділу потоків потужності, яка дозволяє підняти коефіцієнт корисної дії безступінчастої трансмісії гібрида до 95 % - 97 %. В такій системі в якості накопичувача енергії застосовується маховик з механічним відбором потужності.

Ще один перспективний проект - Е-мобіль. Він націлений на створення автомобіля, що працює на електриці, та має ємнісний накопичувач енергії.

1.6. Виробники та доступні моделі гібридних автомобілів сьогодні

На сьогодні на ринок гібридних автомобілів працює дуже велика кількість виробників. Ринок представлений багатьма моделями різних класів та різних характеристик (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Сучасні виробники гібридних транспортних засобів	
Легкові автомобілі	
Виробник	Марка автомобіля (особливості конструкції)
Audi	Audi Q5
BMW	BMW 7 - series Long ActiveHybrid
Cadillac	Cadillac Escalade Hybrid; Cadillac ELR
Ford	Ford Escape Hybrid; Mercury Mariner Hybrid
Honda	Honda Insight (International Engine of the Year 2000); Honda Civic Hybrid; Honda Accord Hybrid;

	Honda Fit Hybrid ; Honda CR-Z
Hyundai	Elantra hybrid LPi - використовує в якості палива зріджений нафтовий газ
General Motors	Cadillac Escalade Hybrid -гібридна версія преміум-позашляховика; Chevrolet Silverado/GMC Sierra Hybrid (схема Mild hybrid); New Flyer – автобуси з електроприводом системи Allison; Opel Astra - дизельний гібрид; Opel Ampera
Mazda	Mazda Demio (тільки в Японії, схема Assist hybrid)
Mercedes-Benz	Mercedes-Benz C 300 BlueTEC Hybrid; Mercedes-Benz E 300 BlueTEC Hybrid; Mercedes-Benz S 400 Hybrid L
Porsche	Porsche Cayenne S Hybrid ; Porsche Panamera S Hybrid
Renault	Renault Kangoo (Франція)
Toyota і Lexus	Prius (Motor Trend Car of the Year 2004 , International Engine of the Year 2004 , European Car of the Year 2005); Lexus CT 200h ; Lexus RX400h ; Toyota Highlander ; Lexus GS 450h ; Lexus LS 600h L ; Toyota Camry Hybrid ; Toyota Estima (тільки Японія); Toyota Harrier Hybrid ; Toyota Yaris Hybrid
Nissan	Altima Hybrid - гібридна схема Toyota
Volkswagen	Volkswagen Touareg
Вантажні автомобілі	
Hino Motors Peterbilt (США)	Dutro Hybrid (продається в Японії і Австралії)
Велосипеди з електродвигуном	
Hino Motors Peterbilt (США)	Moped Power-assisted bicycle

1.7. Принципові відмінності гібридів від інших автомобілів

Крім усіх відмінностей гібридних автомобілів від інших, треба зазначити такі основні:

- двигун внутрішнього згорання в гібридному автомобілі працює тільки в оптимальному для себе режимі, уникаючи критичних навантажень, при яких надмірно витрачається паливо, моторне масло, збільшено викиди токсичних речовин з відпрацьованими газами, швидко зношуються деталі самого двигуна і трансмісії;
- гібридний автомобіль може обійтися без дорогих, громіздких і не завжди надійних багатьох елементів трансмісії, наприклад, коробки перемикачів передач, карданної передачі, колісних та міжосьових диференціалів;
- в будь-якому автомобілі, оснащеному двигуном внутрішнього згорання є генератор і акумулятор невеликої потужності для роботи споживачів електричної енергії та для вмикання електричного стартера в процесі пуску двигуна. В гібридному автомобілі вони стають більш потужними та підключаються до приведення автомобіля в рух;
- завдяки великим значенням крутного моменту і правильному перерозподілу потужності гібридний автомобіль може мати зменшений час розгону до певної швидкості;
- кожне з коліс гібридного автомобіля може мати свій окремий електричний двигун. Стає можливим якісний перерозподіл крутних моментів, що підводяться до коліс автомобіля для покращення його прохідності;
- для підзарядки акумулятора в гібридному автомобілі може бути реалізовано рекуперація енергії в процесі уповільнення, гальмування та використання амортизаторів, що додатково виробляють електроенергію від коливань підвіски автомобіля.

1.8. Особливості експлуатації та сервісу гібридних автомобілів

Проблема забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом сьогодні є дуже актуальною. На його частку припадає більше 40 % всіх викидів в атмосферу. У великих містах цей показник може сягати 60 – 80 %.

В автомобілях використовується також безліч експлуатаційних рідин, необхідних для роботи його силового агрегату, зокрема мастильних матеріалів, з утилізацією яких також виникають проблеми.

Так само гостро стоїть проблема виснаження нафтових ресурсів. При нинішніх темпах споживання за різними прогнозами, нафти вистачить приблизно на 100-120 років, хоча в де-яких країнах сьогодні видобування нафти людство примусово скорочує.

Сучасні виробники автомобілів бачать вирішення цих проблем в переході на альтернативні джерела енергії, зменшенні частки роботи бензинових і дизельних двигунів для руху автомобіля за рахунок застосування спільно з ним електродвигунів, тобто використання гібридних силових установок.

Робота гібридної силової установки об'єднує роботу двигуна внутрішнього згорання і електричного двигуна. Це дає можливість економити енергію палива у випадках, коли на «звичайному» автомобілі його витрачається максимальна кількість. Наприклад, на малих швидкостях у автомобіля з двигуном внутрішнього згорання найвища витрата палива, тому в міському режимі руху кожен старт зі світлофора або прискорення в пробці відбуваються з додатковими витратами палива, яких можна уникнути використанням на даних режимах електродвигуна.

В той же час при русі на далекі відстані і на швидкісних трасах перевага поки залишається у двигуна внутрішнього згорання. Таким чином стає зрозумілим використання переваг електричної тяги для міських режимів руху і автомобіля з двигуном внутрішнього згорання для позаміських маршрутів руху. Це говорить на користь гібридних силових установок, при цьому сучасна електроніка автоматично може робити перехід з одного виду використання енергії на інший (з двигуна внутрішнього згорання на електричний і навпаки).

Тобто передбачається, що на менш економічних режимах руху задіяно електродвигун, а в інших випадках працює двигун внутрішнього згорання.

Тому економія рідкого палива відбувається коли:

- автомобіль чекає дозволу для руху (на світлофорі, переїзді, перед пішохідним переходом тощо), двигун внутрішнього згорання не працює;
- коли відбувається повільне рушення, в перші кілька секунд двигун не працює;
- коли автомобіль рухається в діапазоні швидкостей 40-50 км/год без зайвих прискорень і двигун внутрішнього згорання не працює.

В усіх випадках вмикає і вимикає двигун внутрішнього згорання електроніка. При швидкості вище 50 км/год в роботу включається двигун внутрішнього згорання, який створює крутний момент і одночасно заряджає акумуляторну батарею.

Витрата палива у гібридів, як і у машин з двигунами внутрішнього згорання, залежить від технічних характеристик самого автомобіля і від стилю водіння. Практика показує, що для невеликих автомобілів з 4-циліндровим двигуном економія палива в залежності від умов його експлуатації може досягати 15-25 % і для автомобіля з 6 і більше циліндрами можна очікувати економію до 25-40 %.

З точки зору економії палива крім стилю водіння, важливо і те, де саме їздить гібридний автомобіль. На замських дорогах економічності гібриди майже не покажуть. Навіть якщо їхати по трасі зі швидкістю 90 км/год, електрична установка працювати не буде. Тяговий електродвигун запускається працює приблизно до 50 км/год і то за умови, що в системі повністю заряджений акумулятор. Якщо, наприклад, за тривалої стоянки ємність акумулятора зменшилася, і коли запускається двигун внутрішнього згорання, то автомобіль може поїхати на паливі до повної зарядки батареї.

В міському циклі ця витрата палива буде поверненою на першій зупинці на вимогу правил дорожнього руху (двигун працювати не буде, рух до швидкості 50 км/год буде відбуватися на електричній енергії), а на режимі позаміського руху

гібридна установка не дозволить використовувати електричну енергію і запустить двигун внутрішнього згорання. Тому гібридні автомобілі вигідно використовувати там, де основну частину руху відбувається по місту.

Відомо, що в міському циклі економії можна не отримати, оскільки більшість гібридних автомобілів, що експлуатується сьогодні в Україні, не завжди економічніше аналогічних моделей з двигуном внутрішнього згорання. Наприклад, Toyota Prius має в міському циклі витрату палива близько 8 л/100 км, VW Passat B8 з дизельним двигуном - трохи більше п'яти. Honda Civic Hybrid в місті має витрату 4,8 л/100 км, тоді як витрата дизельного палива автомобіля Civic в таких же умовах складає 4,2 л/100 км., на що суттєво впливає вага акумуляторів, вага яких збільшує вагу всього автомобіля на 300-400 кг. Відповідно, збільшується сила інерції під час розгону та уповільнення автомобіля.

Світова автомобільна промисловість пропонує дуже багато гібридних автомобілів. Практично всі виробники за останні 6-7 років випустили свої моделі гібридів. Що стосується українського ринку, то основні моделі, які для нього сьогодні доступні в сегменті первинних продажів, - це Toyota Prius 2-го та 3-го покоління, Toyota Camry Hybrid, Lexus RX400h, Lexus RX450h, Lexus GS450h, Honda Civic Hybrid.

Статистичний аналіз проведених ремонтів автомобілів показує, що ці ж марки лідирують в Україні також і серед автомобілів вторинного ринку. Треба зазначити, що зараз вже стали з'являтися гібриди Opel, VW, Mercedes. Зниження митних ставок повинно призвести до зростання кількості ввезених в країну гібридних автомобілів інших марок. Експерти вважають, що саме гібриди цих марок в найближчі кілька років будуть користуватися найбільшою попитом і популярністю. В першу чергу це відбудеться через ціни: нові машини з гібридною силовою установкою, як правило, на 20-30 % дорожче аналогічних машин з двигунами внутрішнього згорання. Наприклад, Toyota Camry Hybrid сьогодні можна знайти в Україні за \$ 37 тис., тоді як Toyota Camry у офіційного дилера продається за \$ 28-33 тис. Залежно від комплектації. VW Touareg Hybrid

продають за \$ 90-96 тис., а ось бензиновий New Touareg в дилерській мережі коштує \$ 58-72 тис.

Насправді автомобіль з гібридною силовою установкою гібрид має нижчу собівартість виготовлення і високу норму прибутку, ніж автомобіль з двигуном внутрішнього згорання. При цьому виробники визнають, що в майбутньому автомобілі з дизельним двигуном будуть коштувати дорожче гібридів, про що недавно заявив головний моторист Toyota Koei Сага. Це сьогодні вже помітно по вторинному ринку. Наприклад, автомобіль Lexus RX, як в другому поколінні (rx350 і rx400h), так і в третьому (rx350 і rx450h) ціни фактично однакові. Різниця у витраті палива складає близько 5 л/100 км в змішаному режимі руху.

Головним недоліком змішаної силової установки на сьогодні можна відмітити дорогий ремонт електричних систем. Якщо з'являється поломка двигуна гібрида, витрати на ремонт практично не відрізняються від витрат на ремонт з двигуна звичайного автомобіля. Якщо ж відбуваються якісь поломки електричних силових блоків або акумуляторних батарей, то в таких випадках пропонується блочна заміна електроніки. Якщо в акумуляторі є несправні секції, замінювати її не будуть, сервісні центри змінюють весь акумулятор в зборі. Таким чином тільки ремонт гібридного автомобіля можестати дуже затратним.

Експерти запевняють, що зазвичай поломки гібридного автомобіля відбуваються через недбалу його експлуатацію. Близько 80 % поломок електричної силової установки в гібридних автомобілях припадає на інвертор. Це прилад, який заряджає акумулятори під час роботи двигуна внутрішнього згорання. Якщо він виходить з ладу, двигун внутрішнього згорання гібрида не запускається. Ремонт інвертора на станції технічного обслуговування відбувається його заміною, що коштує не одну тисячу гривень. Цих витрат можна уникнути, якщо раз на рік на станції технічного обслуговування робити профілактичні роботи систем охолодження і живлення інвертора. Але люди цього не роблять, катаючись на машині до останнього. Також всі помилково думаю т, що для стабільної роботи гібридів небезпечні сильні холоди. Дійсно, мороз може дещо знизити продуктивність батарей, але машина все одно заведеться і поїде.

Куди більш небезпечні для електроніки - бруд і пил. А значить, важлива своєчасна заміна свічок, чого теж ніхто не робить.

Щоб уникнути проблем з ремонтом гібридного автомобіля, експерти рекомендують дотримуватися правил його вибору і експлуатації. Якщо мова йде про покупку вживаного автомобіля, потрібна обов'язкова діагностика акумуляторної батареї. При цьому треба розуміти, що комп'ютерне сканування кодів помилок має недоліки. За допомогою певних маніпуляцій батарею перед продажем можна довести до того, що воно покаже ємність батареї дуже близькою до максимальної. При правильній експлуатації, своєчасному технічному обслуговуванні автомобілі з гібридними силовими установками можуть служити багато років і сотні тисяч кілометрів пробігу.

Гібридні автомобілі вимагають особливого обслуговування в спеціалізованих автосервісах кваліфікованими фахівцями. Виробники гібридів і електрокарів заклали в свої авто чималий потенціал, але вони в експлуатації дуже багато особливостей. В тому числі в обслуговуванні гібриди вимагають певної кваліфікації і професійної підготовки.

Прикладом тому є специфіка заміни масла в двигуні гібридного автомобіля, в коробці передач, в редукторі тощо. Так, коробка передач гібридного автомобіля має відсіки для мотор-генераторів, які сполучаються з основним відсіком коробки і класичний підхід в заміні масла в цьому випадку не підходить. З огляду на те, що є велика ймовірність або залишити старе масло в одному з відсіків, або ж не долити нове масло в відсіки, треба проводити тільки вакуумну заміну масла. Це дозволяє повністю злити все масло з коробки передач і дізнатися точний обсяг злитого масла. Крім того, деякі моделі гібридних автомобілів мають кілька отворів для повного зливу масла, які виробник ретельно маскує.

Заміна охолоджуючої рідини інвертора гібридного автомобіля являє собою певний алгоритм дій, відхилення від якого загрожує перегрівом і виходом з ладу дорогого обладнання. В системі охолодження інвертора є особливі точки зливу рідини. Також при заміні охолоджувальної рідини необхідно обов'язково відкривати клапани для прокачування повітря. В рідині система охолодження

інвертора ні в якому разі не повинно залишитися повітря, тому для проведення таких робіт рекомендується звертатися тільки в спеціалізовані автосервіси.

Свої особливості також має процедура заправки кондиціонера гібридного автомобіля. Особливість полягає в тому, що масло, яке використовується при заправці кондиціонерів звичайних автомобілів проводить електричний струм і його категорично не можна використовувати в автомобілях з високовольтними електричними системами. Заправку кондиціонерів гібридів роблять діелектричною речовиною, яка не представляє ніякої небезпеки з цієї точки зору.

Також, особливістю експлуатації гібридів є те, що їх рекомендується заводити на 30-40 хвилин для підзарядки основного акумулятора хоча б раз в два місяці, якщо він тривало не експлуатується. Важливим також є те, що на гібридному автомобілі не можна їздити без бензину! Це може привести до виходу з ладу високовольтного акумулятора. Якщо таке сталося, його підзарядити.

При температурах повітря нижче -20°C перед тривалою стоянкою треба переконатись, що високовольтна батарея має не менш як 50 % заряду. Більш низький заряд перед тривалою стоянкою може призвести до відмови в запуску двигуна автомобіля.

Також існують особливості в буксируванні гібридів. Їх не всі можна буксирувати, а по де-яких існують обмеження по швидкості буксирування. Наприклад, гібридні автомобілі типу Пріус вона не може перевищувати більше 30 км/год, оскільки це може призвести до виходу з ладу планетарної передачі.

В умовах постійного, стрімкого розвитку технологій, така важлива в сучасному світі сфера як автотранспорт не може продовжувати повноцінно існувати в подальшому без кардинальних перетворень. Звичайно цей шлях від ДВЗ, використовуваного біліше 100 років (і має досі низький ККД) до принципово нового силового агрегату буде довгим і нелегким, але гібридні вузли, які є проміжною ланкою, вже широко використовуються. Їх постійна модернізація, і використання в них все менше енергії від ДВЗ, паралельне з цим удосконалення паливних елементів, призведе до абсолютно нового типу автомобіля - абсолютно екологічного і незалежного від вичерпних енергоресурсів.

Висновки до розділу 1:

1. Розглянуто загальні відомості про гібридні автомобілі, наведено їх основні переваги відносно автомобілів з двигунами внутрішнього згорання, а також деякі особливості щодо експлуатації. Зазначено, що сьогодні на ринку представлена велика кількість марок легкових, вантажних автомобілів, автобусів і навіть велосипедів з гібридними силовими установками.
2. Показано, що в гібридних автомобілях є можливим складний режим рекуперації енергії через використання кінетичної енергії автомобіля, що рухається, при уповільненні для зарядки накопичувача. При цьому електричний двигун приводу коліс переходить в режим генератора і виробляє електричну енергію, яка запасается в накопичувачі. Також можливо передбачити отримання додаткової енергії від коливань підвіски автомобіля. Важливим моментом є те, що енергію від обох джерел можна запасати з подальшим використанням як для руху автомобіля, так і для теплової підготовки двигуна внутрішнього згорання, кабіни вантажного, салону легкового автомобіля і автобуса.
3. Оскільки в гібридних автомобілях енергія може зберігатись як електрична і в достатній кількості, це дає ще одну додаткову можливість прямого використання електричних засобів теплової підготовки двигуна внутрішнього згорання і кабіни вантажного автомобіля (салону легкового автомобіля, автобуса).

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ АКУМУЛЯТОРИ З ЕФЕКТОМ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ

Тепловий акумулятор фазового переходу (фазоперехідний акумулятор) розробляється як індивідуальний накопичувач теплової енергії на автомобілі. Він призначений і може використовуватись для передпускової теплової підготовки транспортного засобу і його двигуна. Це стосується як транспортних, так і енергетичних машин. Такий тепловий акумулятор при непрацюючому двигуні може використовуватись для обігріву салону автомобіля, кабіни, кузова-фургона, окремих елементів автомобіля, наприклад, акумулятора, агрегатів трансмісії тощо. Сьогодні існує велика кількість різних розробок і перспективних конструкторських рішень в цьому напрямку. З'являються нові типи і конструкції теплових акумуляторів. Крім цього, теплові акумулятори знаходять своє застосування на підприємствах.

Теплове акумулювання - це фізико-хімічні (або окремо фізико-, або хімічні) процеси, за допомогою яких в спеціальному пристрої (тепловому акумуляторі) відбувається накопичення та збереження теплової енергії. Така можливість акумулювання енергії заснована на використанні основного фізичного або хімічного процесу, що супроводжується поглинанням і виділенням теплоти. До основних процесів накопичення теплоти відносяться [1-18]:

- накопичення-видалення внутрішньої енергії при нагріванні-охолодженні;
- фазові переходи з поглинанням-видаленням прихованої теплоти;
- процес сорбції-десорбції;
- обернена хімічна реакція, яка протікає з виділенням-поглинанням теплової енергії.

Вказані процеси реалізуються в спеціально розроблених технічних пристроях, які мають назву теплові акумулятори [1-18]. Речовини, що використовуються для накопичення теплової енергії, називають теплоакумуючими матеріалами.

За типом процесу в теплові акумулятори розрізняють на [1-9]:

- теплоємкісну акумуляцію, тобто теплове акумулювання енергії твердими і рідкими тілами за рахунок зміни температури речовини;
- теплове акумулювання енергії з використанням теплоти фазового переходу;
- термохімічне акумулювання теплової енергії.

Найбільш простим для використання тепловим процесом є теплоємкісна акумуляція, що заснована на здатності речовин накопичувати енергію під час нагрівання. При цьому кількість акумульованої теплової енергії залежить від температури нагрівання теплоакумулюючого матеріалу, а також його питомої теплоємності. Цей процес давно відомий і застосовується в побутових цілях: при опаленні печами, які виконуються досить масивними і накопичують під час нагрівання теплову енергію, яка в подальшому поступово витрачається на обігрів приміщення.

З точки зору величини питомої теплоємності (здатності акумулювати теплоту в розрахунку на 1 кг. Маси) однією із найкращих і розповсюджених речовин є вода.

Іншим способом акумулювання теплової енергії, що базується на використанні зворотного процесу фазового переходу, є плавлення-затвердіння. В цьому випадку, в якості теплоакумулюючого матеріалу використовується такий, що здатний змінювати свій фазовий стан. Реалізація такого способу накопичення енергії є більш складнішою внаслідок більш складної конструкції теплового акумулятора. Треба підкреслити, що в таких теплових акумуляторах фазового переходу на одиницю об'єму можна запасати кількісному більше теплової енергії. Процес заряджання і розряджання при цьому може бути реалізований в дуже вузькому діапазоні температур, що є дуже важливим при забезпеченні роботи теплового акумулятора в невеликому температурному діапазоні.

Термохімічне акумулювання теплової енергії засновано на використанні хімічних реакцій прямого і зворотного протікання. При цьому є можливість запасати теплової енергії на одиницю маси набагато більше, ніж у попередніх

випадках. В якості недоліку можна зазначити технічну складність реалізації процесу.

Найбільшу перспективу мають фазоперехідні акумулятори теплоти, які використовуються на теплових електростанціях. Там можливо їх використання в системах утилізації теплоти і/або опалення повітря, в якості резервних накопичувачів теплової енергії тощо.

Основні напрямки використання теплових акумуляторів фазового переходу пов'язані з певним температурним діапазоном їх роботи. За інтервалами робочих температур їх поділяють на основні класи та визначають напрямки і можливості їх використання (табл. 2.1) [1-9].

Таблиця 2.1

Класи теплових акумуляторів фазового переходу

Клас акумулятора	Для виробництва холоду	Низько-температурні	Середньо-температурні	Високо-температурні
Діапазон робочих температур, °C	менше 20	20-200	200-500	більше 500

Теплові акумулятори фазового переходу для виробництва холоду використовують, як правило, для зберігання харчових продуктів і медичних тканин, у тому числі в умовах транспортування. Середньо- і високотемпературні теплові акумулятори фазового переходу поки не знайшли широкого застосування в промисловості.

Використання середньотемпературних теплових акумуляторів фазового переходу пов'язано в більшості випадків з системами утилізації теплової енергії і енергетичними установками. Високотемпературні теплові акумулятори фазового переходу знайшли своє застосування в енергетиці та металургії.

Низькотемпературні теплові акумулятори фазового переходу знайшли найбільш широке застосування в практиці. Їх використання в більшості випадків пов'язано з [1-18]:

- системами життєзабезпечення людини;
- екологічно чистими способами виробництва енергії
- покращенням процесів споживання енергії.

Тепловий акумулятор складається з теплоізолюваного резервуара для зберігання робочого тіла (акумулюючого середовища), обладнання для зарядки/розрядки та допоміжного устаткування.

Теплоакумулюючий матеріал фазового переходу – це речовина з високими значеннями теплоємності і ентальпії фазового перетворення, яку використовують для роботи теплового акумулятора.

Класичним прикладом теплоакумулюючого матеріалу на основі явищ фазових перетворень може бути вода, оскільки вона володіє високими тепловими характеристиками. Питома теплоємність води складає $4,19 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$, льоду $2,1 \text{ кДж/кг}$, питома теплота плавлення льоду дорівнює 330 кДж/кг , питома теплота пароутворення $2,3 \text{ МДж/кг}$. На рис. 2.1. представлено діаграму агрегатного стану води, яка ілюструє її фазові перетворення типу «пароутворення-конденсація» та «плавлення-кристалізація», що відбуваються під дією тиску і температури.

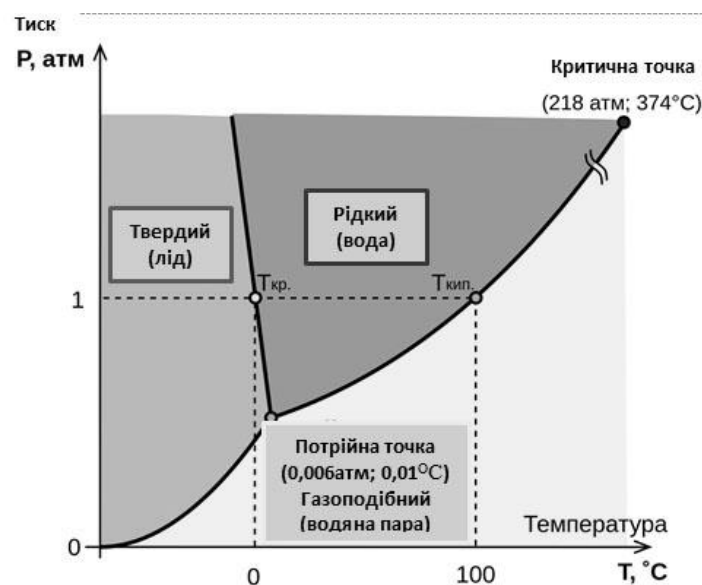


Рис. 2.1. Діаграма стану води

З рис 2.1. можна зробити висновок, що різні термодинамічні фази описуються різними рівняннями стану, внаслідок чого завжди можна знайти значення тиску і температуру змін при фазових перетвореннях [6].

Будь-яка акумулююча система характеризується способами, якими енергія для зарядки передається від джерела, при необхідності трансформується у необхідний вид енергії і віддається споживачу [5].

На рис. 2.2. наведено схему акумулювання тепла з використанням ємності-акумулятора.

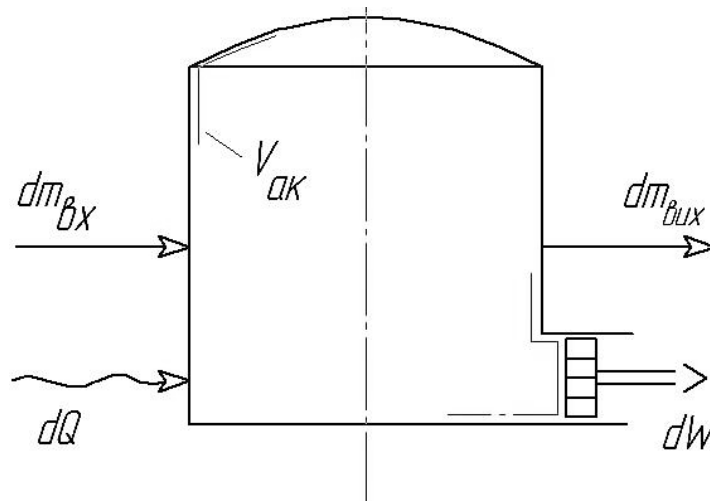


Рис. 2. Акумулювання тепла з використанням ємності-акумулятора: $V_{ак}$ – об’єм акумулятора; $dm_{вх}$ - маса середовища на вході; $dm_{вих}$ - маса середовища вихідна; dQ - теплота, що підводиться до системи; dW - робота системи, яка не залежить від переносу маси

Рівняння енергетичного балансу для цього процесу в загальному вигляді можливо записати:

$$E_{вх} - E_{вих} = E_{ак} \quad (2.1)$$

де $E_{вх}$ – підведена енергія, Дж;

$E_{вих}$ – відведена енергія, Дж;

$E_{ак}$ – акумульована енергія, Дж.

Застосовуючи перший закон термодинаміки для підведеної й відведеної енергії, одержимо основне рівняння акумулювання енергії для відкритих систем у диференційній формі:

$$\left(U + pV + gh + \frac{v^2}{2} \right)_{\text{вх}} dm_{\text{вх}} + dQ - \left(U + pV + gh + \frac{v^2}{2} \right)_{\text{вих}} dm_{\text{вих}} - dW = d \left[\left(U + gh + \frac{v^2}{2} \right)_{\text{ак}} dm_{\text{ак}} \right] \quad (2.2)$$

де $dm_{\text{вх}}$ - маса середовища вхідна;

$dm_{\text{вих}}$ - маса середовища вихідна;

$dm_{\text{ак}}$ - маса середовища, що акумулює;

U - внутрішня енергія (що відлічується від довільного нульового рівня);

p - тиск;

V - питомий об'єм;

g - прискорення сили тяжіння;

h - висота (відлічувана від довільного нульового рівня);

gh - питома потенційна енергія;

v - швидкість течії;

$v^2/2$ - питома кінетична енергія;

dQ - теплота, підведена до системи;

dW - робота системи, що не залежить від переносу маси.

Аналіз рівняння (2.2) показує, що акумулювання енергії може здійснюватися в результаті зміни:

- питомої внутрішньої енергії;
- питомої потенціальної енергії;
- питомої кінетичної енергії;
- маси речовини.

До теплового акумулювання енергії відносять перших два перелічених випадки, якщо питома внутрішня енергія робочого тіла вище, ніж енергія навколишнього середовища.

Якщо накопичення кінетичної і потенційної енергії неможливе ($v_{ак} = 0, h=0$) і якщо члени рівняння (2.2), що відповідають кінетичній й потенціальній енергіям мас, що підводяться і відводяться, зневажно малі, а робота обмежена рухом поверхонь, що обмежують систему, тобто:

$$dW = p_{ак} dV_{ак} \quad (2.3)$$

де $V_{ак}$ – об'єм акумулятора;

$p_{ак}$ – тиск в акумуляторі,

Рівняння (2.2) можливо записати у вигляді придатної для акумулятора теплової енергії:

$$(U + pV_{вх})dm_{вх} + dQ - (U + pV_{вих})dm_{вих} - dW = dU_{m_{ак}} + P_{ак} + dV_{ак} \quad (1.4)$$

Використовуючи рівняння ентальпії, отримуємо:

$$H = U + pV, \quad (1.5)$$

і, отже, енергетичний баланс (2.2) приймає вигляд:

$$H_{вх}dm_{вх} + dQ - H_{вих}dm_{вих} = d(U_m)_{ак} + P_{ак}dV_{ак} \quad (2.6)$$

Відповідно баланс маси можна отримати як:

$$dm_{вх} - dm_{вих} = dm_{ак} \quad (2.7)$$

Таким чином процеси заряджання і розряджання теплового акумулятора описуються в загальному вигляді (2.4) або (2.6) і (2.7). В простих випадках їх можливе аналітичне розв'язання відомими способами. В інших, більш складних випадках, можуть бути отримані розв'язання чисельними методами (особливо це відноситься до процесу розряджання).

В залежності від напрямку передачі енергії і відповідно до наведених вище міркувань та висновків можна зробити поділ акумуляторів на теплові акумулятори, в яких здійснюється:

- пряме акумулювання, яке може бути акумулюючим і теплообмінним у тому самому середовищі;
- непряме акумулювання, коли енергія акумулюється тільки за допомогою теплообміну (наприклад, тепло проводиться через стінки резервуара).

Крім цього теплові акумулятори фазового переходу поділяються за годинною ознакою їх використання, відповідно скільки часу вони працюють в режимі фазового переходу: короткострокова (добова) і довгострокова дії.

Час циклу роботи теплового акумулятора фазового переходу короткострокової дії не перевищує однієї доби. У теплового акумулятора фазового переходу довгострокової дії тривалість процесу циклу зарядка/розрядка може досягати річного періоду. Головна конструктивна відмінність обох варіантів в першу чергу в їх розмірах, оскільки це пов'язано з акумулюванням різної кількості теплової енергії. Крім того, теплові акумулятори фазового переходу довгострокової дії через необхідність тривалого зберігання запасеної теплоти повинні мати ефективну теплоізоляцію, що також збільшую їх габаритні розміри [2-16].

Маса або об'єм теплоакumuлюючого матеріалу залежать від відповідної густини енергії, що запасється, і безумовно від коефіцієнта корисної дії всього процесу акумулювання тепла. Внаслідок наявності в будь-якому випадку теплових втрат в реальному процесі акумулювання тепла густина запасеної енергії буде завжди нижчою її теоретичного значення. Це також пов'язано з

вирівнювання температурних полів в тепловому акумуляторі і втрат в процесах заряджання й розряджання.

2.1. Особливості конструкції теплових акумуляторів фазового переходу для транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання і стаціонарних енергетичних установок

Різноманіття методів і способів акумулювання тепла призводить до можливості створення різних технологічних рішень і конструкцій теплових акумуляторів. Наприклад, розроблено безліч конструкцій теплових із зернистим теплоакumuлюючим матеріалом [4-9]. Це пов'язано з великою кількістю галузей господарювання, де вигідно застосовувати акумуляцію тепла. На сьогодні відомими є наступні принципові схеми виконання теплових акумуляторів:

- з твердим теплоакumuлюючим матеріалом;
- теплоакumuлюючим матеріалом, що плавиться;
- з використанням рідинні;
- парові;
- термохімічні;
- з електронагрівальним елементом.

В [1, 8] наведено схеми теплових акумуляторів з нерухомою або рухомою матрицями, при цьому доведено, що застосування нерухомої матриці забезпечує максимальну простоту конструкції, але вимагається більша маса теплоакumuлюючого матеріалу. Крім того в таких теплових акумуляторах температура теплоносія на виході змінюється протягом тривалого часу, що вимагає додаткової системи стабілізації і підтримання постійних параметрів процесу віддачі тепла. Саме такі теплові акумулятори можливо використовувати в стаціонарних енергетичних установках з двигунами внутрішнього згорання.

Для використання теплових акумуляторів фазового переходу автомобілях і стаціонарних енергетичних установках з двигунами внутрішнього згорання необхідно розглядати їх основні показники, що визначаються в залежності від їх

конструктивних рішень і призначення [10-15]. Це робиться з застосуванням основних припущень про рівномірність розподілу потоків теплоносіїв за площею нерухомої матриці теплового акумулятора, незалежності властивостей теплоакumuлюючого матеріалу і теплоносіїв від температури тощо.

При використанні теплоти плавлення деяких речовин забезпечується висока щільність енергії, що запасується теплому акумуляторі, мають місце невеликі перепади температур і стабільність температури на виході з теплового акумулятора. Однак більшість теплоакumuлюючих матеріалів в розплавленому стані є корозійно-активними речовинами. Здебільшого вони змінюють об'єм при плавленні, мають низький коефіцієнт теплопровідності та відносно велику вартість. Відома достатньо велика номенклатура речовин, які працюють з температурою акumuлювання в діапазоні 0...1400 °C. Застосування теплових акумуляторів з плавкими теплоакumuлюючими матеріалами стримується, насамперед, виходячи з міркувань економічності енергетичних установок з акumuлюванням тепла на їх основі.

При відносно невеликих робочих температурах (до 120 °C) в якості теплоакumuлюючого матеріалу можливо застосування кристалогідратів неорганічних солей. Це дає можливість використання в якості теплоакumuлюючого матеріалу речовин природнього походження [8].

Для практичного застосування на автомобільному транспорті теплових акумуляторів бажано розглядати тільки ті речовини, які не розкладаються при плавленні та не розчиняються в надлишковій воді, що спрощує процес їх використання, робить його простим, дешевим, безпечним, екологічно привабливим тощо.

Привабливе застосування органічних речовин в теплових акумуляторах знімає питання корозійного руйнування їх корпусу, забезпечує високі щільності запасу теплової енергії й гарні техніко-економічні показники процесу акumuлювання тепла. Але, в процесі роботи теплових акумуляторів з органічними теплоакumuлюючими матеріалами відбувається зниження теплоти плавлення таких матеріалів внаслідок руйнування довгих ланцюжків молекул полімерів.

Через низький коефіцієнт теплопровідності органічних теплоакumuлюючих матеріалів необхідним є створення й застосування розвинених поверхонь теплообміну, що накладає конструктивні обмеження на застосування таких теплових акумуляторів.

В конструкціях теплових акууляторів при робочих температурах 500...1600 °С застосовуються з'єднання й сплави лужних і лужноземельних металів [9]. Істотним недоліком застосування таких з'єднань є низький коефіцієнт теплопровідності, зміна об'єму при плавленні і корозійна активність [8]. Для захисту від хімічної корозії деталей і корпусу теплового акумулятора необхідно підбирати інгібітори корозії та/або конструкційні матеріали, що забезпечують необхідну стійкість до руйнування та заданий термін служби теплового акумулятора.

Перспективно також використовувати суміші й сплави таких органічних і неорганічних речовин, що тривало і надійно забезпечують роботу при необхідних значеннях температур плавлення та велики терміни служби теплового акумулятора в цілому.

Застосування різних теплоакumuлюючих матеріалів вимагає розробки обґрунтованих конструктивних рішень, що спрямовано на максимальне використання позитивних властивостей теплоакumuлюючих матеріалів і усунення їх недоліків для роботи на автомобілях та стаціонарних енергетичних установках з двигунами внутрішнього згорання.

Висновки до розділу 2:

1. Розглянуто особливості конструкції теплових акумуляторів фазового переходу для транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання і стаціонарних енергетичних установок. Наведено принципові схемні рішення щодо конструкцій теплових акумуляторів для використання на автомобілях з двигунами внутрішнього згорання.
2. Показано, що для теплової підготовки автомобільних двигунів внутрішнього згорання в теплових акумуляторах в якості теплоакumuлюючого матеріалу

доцільно використовувати суміші й сплави органічних і неорганічних речовин, що тривало і надійно забезпечують роботу при необхідних значеннях температур плавлення та велики терміни служби теплового акумулятора в цілому.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ДЛЯ ДВИГУНІВ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

Аналіз конструкцій теплових акумуляторів фазового переходу краще почати з інформації в роботах [2, 17], де наводяться відомості про розробку баварського інженера О. Schatz, який створив найбільш відомий серійний тепловий акумулятор фазового переходу для транспортних засобів (рис. 3.1.).

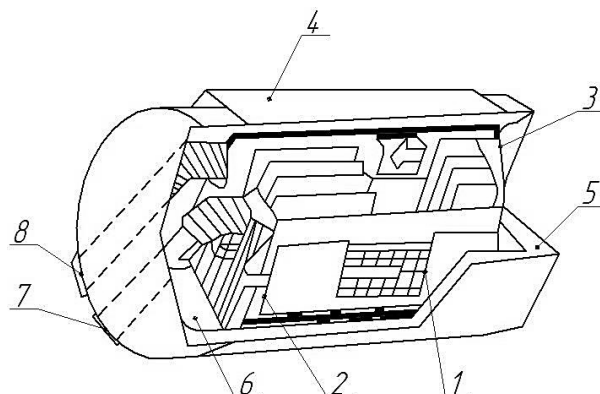


Рис. 3.1. Конструктивне виконання теплового акумулятора фазового переходу конструкції О. Schatz: 1 - капсули з теплоакумуючим матеріалом; 2 - щілинні зазори; 3 – внутрішній корпус; 4 - зовнішній корпус; 5 - вакуумна тепла ізоляція; 6 – тепловий ізолятор; 7 – вхідний патрубок; 8 - вихідний патрубок

В якості теплоакумуючого матеріалу в даному тепловому акумуляторі запропоновано для використання октагідрат гідроксиду барію, хімічна формула якого $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$. Матеріал укладено в капсули 1, що герметично запаяно. Капсули виготовлено з тонких мідних пластин. Пакет таких капсул зібрано у єдину матрицю. Між капсулами 1 передбачено щілинні зазори 2, у яких поміщаються завихрювачі (турбулізатори). Вони сприяють кращому теплообміну охолоджувальною рідиною, що циркулює між капсулами. Матрицю з капсул поміщено у внутрішній корпус 3. Внутрішній 3 і зовнішній 4 корпуси виконано з нержавіючої сталі. Між внутрішнім 3 і зовнішнім 4 корпусами передбачено вакуумну теплову ізоляцію 5 і тепловий ізолятор 6. Для підведення й відведення охолоджувальної рідини передбачено вхідний 7 і вихідний 8 патрубки, відповідно. Накопичення теплової енергії в тепловому акумуляторі фазового

переходу здійснюється при роботі двигуна внутрішнього згорання за рахунок теплового обміну його охолоджувальної рідини з теплоакумуючим матеріалом, який перебувають у капсулах 1, теплового акумулятора. Охолоджувальна рідина подається через вхідний патрубок 7, потім проходить через зазори 2 і поступає через вихідний патрубок. При цьому теплоакумуючий матеріал, який знаходиться в твердій фазі, нагрівається до температури плавлення, плавиться, а потім нагрівається в рідкій фазі до відповідної температури, при якій настає теплова рівновага між ним і охолоджувальною рідиною системи охолодження двигуна автомобіля.

Зберігання накопиченої теплової енергії здійснюється за наявності в конструкції теплового акумулятора фазового переходу, прошарку вакуумної теплоізоляції 5 і теплоізолятора 6. Підігрів або розігрів двигуна внутрішнього згорання автомобіля або його салону (кабіни, кузова-фургона, кузова-дачі тощо) відбувається за рахунок теплообміну між охолоджувальною рідиною і розплавленим теплоакумуючим матеріалом, при якому в останньому відбувається зворотній фазовий перехід з рідкого стану в твердий при якому виділяється схована теплота кристалізації. Теплота, що виділяється, переноситься охолоджувальною рідиною і передається деталям двигуна автомобіля або повітрю, що знаходиться в салоні.

Вищеописаний тепловий акумулятор фазового переходу характеризується наступними технічними параметрами [2, 17]:

- енергоємність, 0,65 кВт·год;
- маса, 12 кг;
- можливість розігріву двигуна легкового автомобіля з використанням збереженої теплоти при безгаражному зберіганні протягом 3 діб при температурі -20 °С, передбачено;
- тривалість процесу розігріву двигуна або салону, близько 4 хв.;
- початкова теплова потужність, 35 кВт;
- середня теплова потужність, 7 кВт.

За допомогою даного теплового акумулятора при спрямуванні теплової потужності на обігрів салону легкового автомобіля при непрацюючому двигуні температура повітря на виході з нагрівача вже через 45 с досягає 313 °К, внаслідок чого вже через 5 хв. в салоні автомобіля встановлюється температура близько +20 °С.

Важливою перевагою даного теплового акумулятора фазового переходу, є те, що при його застосуванні в процесі передпускового розігріву двигун автомобіля виділяє в навколишнє середовище в період пуску й прогріву значно меншу кількість забруднюючих речовин. А якщо на автомобілі встановлений каталітичний нейтралізатор, його температура набагато швидше досягає робочої зі значеннями 400-500 °С. Суттєве зменшення викидів токсичних речовин з відпрацьованими газами двигуна автомобіля під час прогріву дозволяє використовувати режимі прогріву недовго навіть в закритих приміщеннях.

Основним недоліком теплових акумуляторів є складність підтримання необхідної температури рідкого теплоносія в межах $T_{\text{рід}}=90\ldots100$ °С для гарантованого накопичення теплоакумулюючої речовиною теплової енергії і необхідність зниження в цей період температури повітря в салоні автомобіля. Крім цього при низькій температурі навколишнього середовища складно забезпечити в двигуні температуру «гарячого прогріву» після пуску.

Описаний тепловий акумулятор випускається промислово. В роботі [17] наведені результати випробувань теплового акумулятора фазового переходу конструкції D-r Oskara Schatz, які були виконані в Фінляндії на двигуні Volvo D24 і довели доцільність застосування теплового акумулятора фазового переходу на автомобільному транспорті.

В 1995 році цей тепловий акумулятор був визнаний досягненням в області збереження й повторного використання енергії. За рішенням експертів з інженерії, науки й навколишнього середовища D-r Oskar Schatz удостоївся премії престижного німецького клубу «Моторист протекшн».

Канадською фірмою «CENTAUR Thermal Systems Inc» за ліцензією освоєний випуск і випускається до сьогодення тепловий акумулятор фазового

переходу вищеписаної конструкції чотирьох типів з різними рівнями енергоємності: 550, 600, 900 і 1070 Вт·год (табл. 2.1), які забезпечують зберігання накопиченої теплоти протягом 12...168 год [18].

Таблиця 2.1

Технічна характеристика акумуляторів Centaur

Модель	4,6	5	7,5	9
Теплоємність, Вт·год (при нагріванні від -20 до 90 °С)	550	600	900	1070
Маса акумулятора, кг	2,4	2,6	3,3	3,8
Маса акумулятора, заповненого рідиною, кг	7	7,6	10,8	12,8
Габаритні розміри, мм	340x164	370x164	513x164	596x164
Ємність акумулятора, л	4,6	5	7,5	9
Для застосування на двигунах з робочим об'ємом, л	1,0-1,5	1,5-1,8	до 3,0	більше 3,0

Тепловий акумулятор Centaur виконує функції передпускового підігрівача двигуна автомобіля. В ньому зберігається і в подальшому використовується теплова енергія, що виділяється в процесі роботи двигуна через його систему рідинного охолодження. Фактично Centaur являє собою теплоізовану ємність (ємність-термос), що виготовлена з нержавіючої сталі, і включений в систему охолодження двигуна автомобіля (рис. 3.2.). Його місткість повинна дорівнювати місткості всієї системи охолодження двигуна. При роботі двигуна через електронно-керований регулюючий клапан електричний насос поступово заповнює ємність-термос нагрітою до робочої температури рідиною. Холодна рідина, що заповнює термос, при цьому виштовхується в систему охолодження.

При цьому температури рідини в ємності-термосі й системі охолодження транспортного двигуна вирівнюються і процес «заряджання» акумулятора теплоти припиняється. При тривалій стоянці транспортний двигун і всі його системи охолоджуються, а в ємності-термосі зберігається запас нагрітої до робочої температури охолоджуючої рідини. При наступному запуску транспортного ДВЗ гаряча рідина з ємності-термоса заміщує у двигуні холодну.

Саме завдяки цьому двигун швидко розігрівається й легко заводиться. Коли в процесі руху двигун прогріється до оптимальної температури, холодна рідина в ємності-термосі поступово буде замінюватися гарячою, що не впливає на тепловий режим двигуна [2, 17].



Рис. 3.2. Зовнішній вигляд теплового акумулятора Centaur [2]

Завдяки ємності-термосу тепле повітря починає надходити в кабінку вже через 30 с від початку дії теплового акумулятора. При цьому вміст у відпрацьованих газах СО зменшується на 50 %, вуглеводнів на 30 %, економія палива може досягати 14 %. Але головні переваги теплових акумуляторів Centaur полягають в їх енергонезалежності й здатності працювати як із бензиновими двигунами, так і з дизелями [17].

Робота теплового акумулятора перевірялась на автомобілі з об'ємом двигуна 1,6 л. при температурі повітря навколишнього середовища -20°C . Через дві хвилини температура транспортного двигуна внутрішнього згорання становила $+25...30^{\circ}\text{C}$ за температурою охолоджувальної рідини в системі охолодження двигуна.

Коли двигун прогріється до оптимальної для роботи температури, холодна охолоджувальна рідина повільно надходить назад у систему охолодження за допомогою регулювального клапана, замінюючи гарячу охолоджувальну рідину рідину для того, щоб вона була придатна для використання в процесі наступного холодного старту. Під час руху транспортного засобу електронний термостат в

режимі реального часу контролює температуру двигуна. В теплий період року немає потреби в демонтажі в системи з тепловим акумулятором Centaur, вона працює абсолютно аналогічним чином, тільки не на підігрів двигуна, а на його охолодження.

Спеціальні датчики системи реагують на підвищення температури охолоджувальної рідини і при досягненні її граничних значень порціями видають холодну охолоджувальну рідину в систему охолодження, запобігаючи закіпанню двигуна.

Однак, система акумулювання тепла Centaur має експлуатаційний недолік. Вона не може ефективно використовуватись на автомобілях, що експлуатуються рідше, чим раз на три доби. Перерва в експлуатації автомобіля не повинна бути великою, оскільки охолоджувальна рідина не може бути збереженою в нагрітому стані багато часу і вона в тепловому акумуляторі охолоне. Вирішення задачі забезпечення можливості утилізувати й накопичувати теплову енергію без зниження ефективності накопичення теплоти для наступної утилізації при зменшенні об'ємної витрати гарячого теплоносія, описано в [11]. Дана задача вирішується конструкторським шляхом за рахунок того (рис. 3.5.), що в теплоізовьованому корпусі виконано два трубних пучки, один пучок утворює газовий контур, а другий пучок трубок - рідинний, при цьому міжтрубний простір заповнений теплоакумуючим матеріалом.

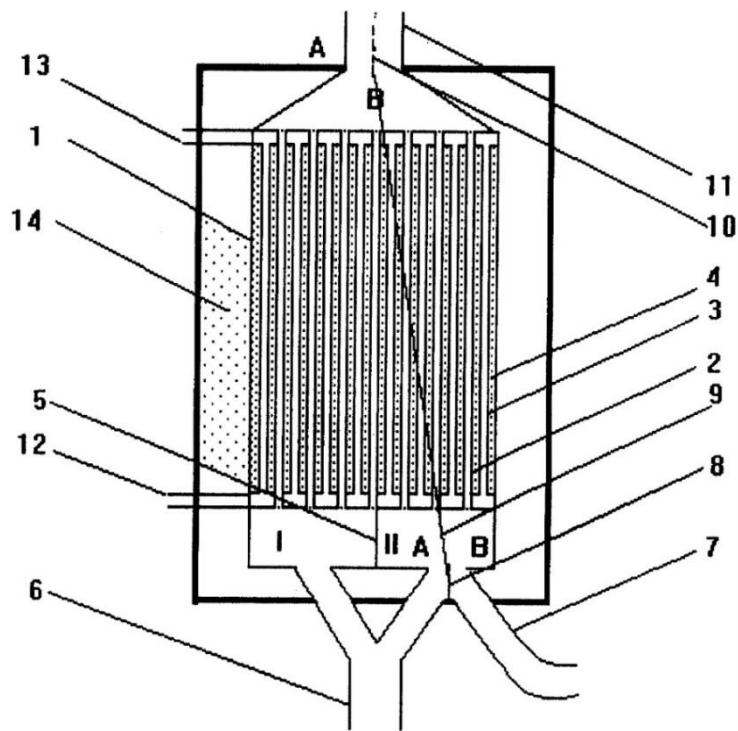


Рис. 3.5. Пристрій для утилізації і накопичення теплової енергії

При цьому газовий контур розділений перегородкою на дві частини ліву (I) і праву (II), що дозволяє при більших об'ємних витратах газів працювати за одноходовою схемою, а при малих об'ємних витратах газів за двоходовою. Ліва частина (I) за величиною прохідного перетину й поверхнею теплообміну більша за праву (II), оскільки в другому заході при охолодженні газів за двоходовою схемою має місце зменшення об'ємної витрати газів. Для кращого теплообміну колектор підведення гарячого теплоносія виконаний розгалуженим, один з патрубків з'єднаний з лівою (I) частиною пристрою для утилізації і накопичення теплової енергії теплового акумулятора, а другий із правою (II) частиною пристрою. На патрубку підведення відпрацьованих газів двигуна до правої частини (II) пристрою встановлений додатковий трубопровід, що розділений саморегулюючою засувкою, яка може перекривати патрубок підведення гарячих відпрацьованих газів або додатковий трубопровід. В залежності від об'ємної витрати газів змінюється тим самим схема роботи утилізаційного пристрою. При закритому правому патрубку підведення відпрацьованих газів утилізаційний пристрій працює як звичайний двоходовий теплообмінник, а при закритому

додатковому трубопроводі – як одноходовий. Синхронно із цією засувкою працює засувка, що встановлена у випускному колекторі. При закритому правому патрубку підведення газів вона закрита, а при закритому додатковому трубопроводі - відкрита. Новим у тепловому акумуляторі є наявність перегородки у корпусі пристрою, а також виконаний розгалуженим колектор підведення гарячих газів, що має два підвідних патрубки і додатково трубопровід, який розділений від підвідних патрубків засувкою, що має механізм саморегулювання, а, крім цього, в вихідному колекторі також встановлена засувка [11]. Описаний тепловий акумулятор дозволяє покращити процеси передачі теплоти від гарячих газів за рахунок збільшення коефіцієнта теплопередачі при роботі з малими об'ємними витратами.

На рис. 3.6., а). показана така конструкція теплового акумулятора, а на рис. 3.6., б). – фрагмент перерізу теплового акумулятора (вид А). Тепловий акумулятор має в своєму складі капсульний блок 1, розміщений у теплоізолюваному корпусі 2 з вхідним 3 та вихідним 4 отворами. Капсульний блок 1 складається із плоских кільцевих подвійних дисків 5 із центральним отвором і заповнений теплоакумуючою речовиною 6. Речовина 6 змінює свій агрегатний стан в необхідному інтервалі робочих температур. На одній плоскій поверхні дисків 5 є виступи 7 заданої висоти з певним заданим розташуванням та два отвори, а на іншій плоскій поверхні диска 5 є два отвори з відборткуванням, спрямованим назовні диска 5, висота якого більше висоти виступів 7, співвісних з отворами 8 на протилежній стороні дисків 5. Диски 5 капсульного блоку 1 з'єднані між собою герметично, причому відборткування кожного диска 5 з'єднано з отворами іншого диска.

Прикладом використання акумулятора теплоти описаної вище конструкції може бути його застосування в системі передпускової теплової підготовки двигуна внутрішнього згорання автомобіля. При русі автомобіля охолоджувальна рідина системи охолодження двигуна розігріває теплоакумуючу речовину, наприклад, гідроксид барію, температура плавлення якого дорівнює 87 °С, а питома теплота плавлення - 305 кДж/кг. Під час стоянки автомобіля теплота

зберігається, а при запуску автомобіля при від'ємній температурі повітря середовища до мінус 40 °С, насос прокачує охолоджувальну рідину через акумулятор теплоти та систему охолодження двигуна. Внаслідок дії тепла з теплового акумулятора деталі двигуна нагріваються, що полегшує його запуск. Даний процес може циклічно повторюватись.

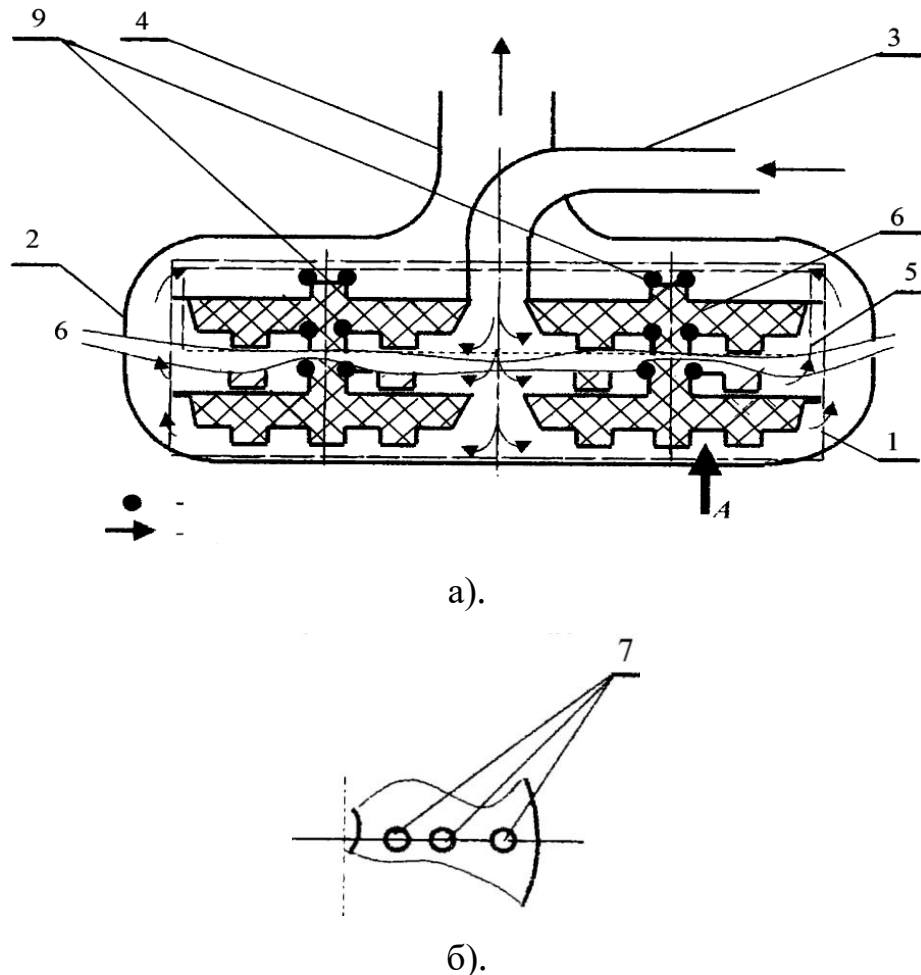


Рис. 3.6. Схема теплового акумулятора [22]

Позитивний ефект передачі тепла досягається за рахунок обраної конструкції капсульного блоку, що поєднує внутрішні об'єми всіх дисків. В результаті роботи заправлення теплоакумулюючою речовиною здійснюється один раз на повний об'єм. Герметизація місць з'єднання деталей акумулятора не вимагає спеціальної підготовки поверхонь і видалення з них теплоакумулюючої речовини. Перевірка всіх місць з'єднання деталей на герметичність здійснюється через відсутність у внутрішніх порожнинах теплоакумулюючого матеріалу простими технічними засобами. Це дозволяє спростити самі операції та зменшити

трудомісткість процесу заправлення, збільшити надійність герметизації місць з'єднання деталей, зменшити технологічну складність перевірки герметичності місць з'єднання.

Таким чином для даної конструкції кількість заправлень акумулятора теплоти теплоакумуючим матеріалом зменшується в 30-100 разів. Також в 30-100 разів зменшується необхідна кількість місць з'єднання деталей, що вимагають герметичності й перевірки на герметичність при наявності теплоакумуючого матеріалу у внутрішній порожнині теплового акумулятора. Таким чином, даними конструктивними рішеннями зменшена трудомісткість виготовлення теплового акумулятора і необхідність його випробувань і перевірки на герметичність, збільшується його надійність, зменшується трудомісткість обслуговування.

В [2] описаний розроблений і виготовляємий серійно тепловий акумулятор фазового переходу, який має назву «Пристрій полегшення пуску автомобільного двигуна» (рис. 3.7.).

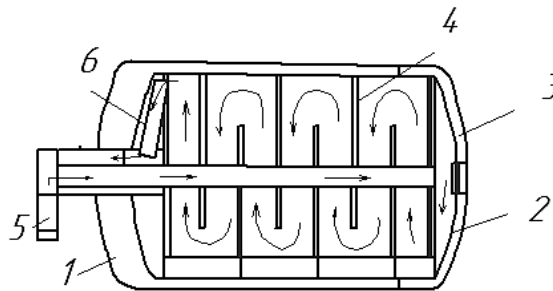


Рис. 3.7. Схема теплового акумулятора фазового переходу: 1 - зовнішній корпус; 2 - внутрішній корпус; 3 - вакуумно-порошкова тепла ізоляція; 4 - перегородки; 5 - вхідний патрубок; 6 - вихідний патрубок

Цей тепловий акумулятор має конструкцію, яка суттєво відрізняється від конструкції О. Schatz. Його теплообмінна матриця являє собою пакет герметично заварених циліндричних капсул з нержавіючої сталі, які за допомогою перегородок відповідним чином встановлені у внутрішньому корпусі теплового акумулятора фазового переходу для більш ефективного відводу від них накопиченої теплової енергії. У якості теплоакумуючого матеріалу

застосовується моногідрат гідроксиду натрію $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, яким заповнені циліндричні капсули. В конструкції теплового акумулятора фазового переходу застосована високоефективна вакуумно-порошкова теплоізоляція.

Підігрів двигуна автомобіля проводиться за рахунок теплової енергії, що накопичується тепловим акумулятором від працюючого двигуна і може зберігатися до двох діб. Перед запуском двигуна або в процесі запуску гаряча охолоджувальна рідина за допомогою електронасоса подається з теплового акумулятора в малий контур системи охолодження двигуна і підігріває його. При цьому холодна охолоджувальна рідина з двигуна надходить в тепловий акумулятор, перемішуючи і заміщаючи гарячу охолоджувальну рідину без перемішування.

Даний тепловий акумулятор має кілька варіантів виконання з різною тепловою ємністю 200, 500 і 800 Вт·год. Вони відповідно маркуються УОПД-0,2, УОПД-0,5 і УОПД-0,8 і призначені для теплової підготовки бензинових, дизельних і працюючих на газовому паливі двигунів із робочим об'ємом до 9 літрів. До складу комплекту УОПД входять:

- тепловий акумулятор з ложементом;
- гідророзподільник;
- електричний насос;
- блок керування з пультом;
- з'єднувальна гідравлічна і механічна арматура.

Графічне представлення роботи підігрівача УОПД-0,2, встановленого на автомобілі ВАЗ-21093 наведено на рис. 3.8.

Пристрій був установлений також на автомобілі ВАЗ-2110. При температурі навколишнього повітря $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і стоянці протягом 10-12 годин після циклу прогріву температурний датчик зафіксував температуру рідини $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

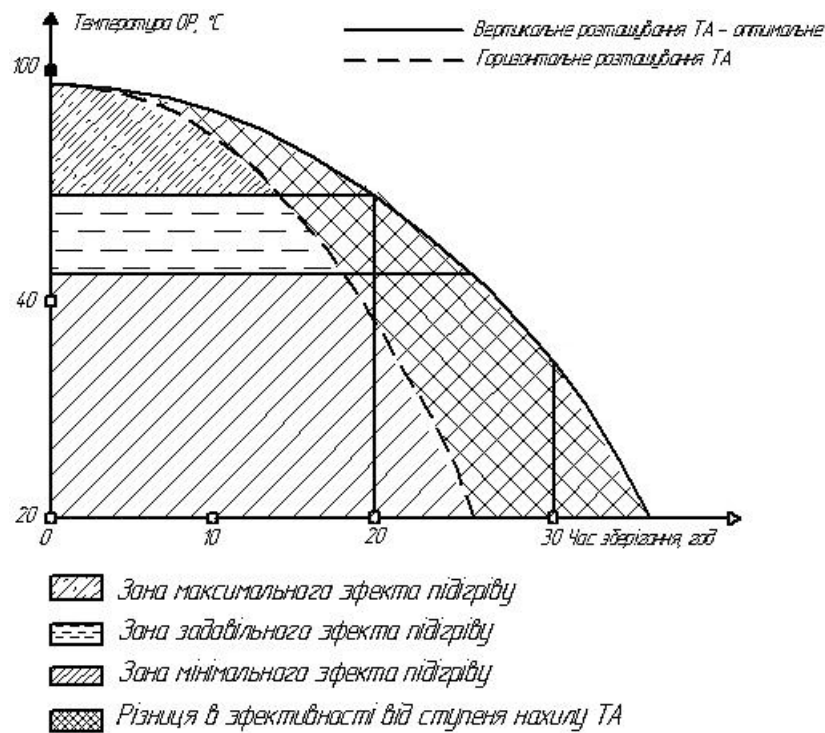


Рис. 3.8. Залежність температури охолоджувальної рідини в тепловому акумуляторі УОПД-0,2 від часу зберігання автомобіля ВАЗ-2110

Час прогріву до 40 °С охолоджувальної рідини з вже працюючим двигуном скоротився в 4 рази, а до робочої температури 80 °С - в 2 рази. Витрата палива в режимі прогріву зменшилася на 40-50 %, що відповідає витраті при прогріві двигуна в літній період.

Для покращення параметрів робочих процесів прогріву двигуна внутрішнього згорання транспортних засобів і енергетичних установок при формуванні і проектуванні нових теплових акумуляторів фазового переходу можливе використання різних технічних рішень. Основні з них, у порівнянні з уже відомими, можна вважати доцільними за перспектив розвитку систем прогріву, як самого двигуна внутрішнього згорання, так і всього транспортного засобу за наступними напрямками:

- керування температурним впливом при здійсненні процесу передпускового і післяпускового прогрівання двигуна і транспортного засобу в встановлених межах за допомогою багатосекційних теплових акумуляторів;

- використання зовнішніх джерел енергії в транспортних засобах і енергетичних установках для підігріву двигуна;
- використання зовнішніх джерел енергії або рекуперація енергії в автомобілі для підігріву двигуна і підтримання властивостей теплових акумуляторів.

Висновки до розділу 3:

1. Проведено аналіз існуючих конструкцій теплових акумуляторів фазового переходу з урахуванням можливості їх використання для теплової підготовки двигунів внутрішнього згорання і автомобілів.
2. Описано результати випробувань теплового акумулятора фазового переходу конструкції D-r Oskara Schatz, які довели доцільність застосування теплового акумулятора фазового переходу на автомобільному транспорті.
3. Сформульовано перспективні напрямки удосконалення існуючих теплових акумуляторів для використання на автомобільному транспорті, які полягають в керуванні температурним впливом при здійсненні процесу передпускового і післяпускового прогрівання двигуна і транспортного засобу в встановлених межах за допомогою багатосекційних теплових акумуляторів.

РОЗДІЛ 4. СХЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГІЇ В ГІБРИДНОМУ АВТОМОБІЛІ З МЕТОЮ ЇЇ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДВИГУНА

Оскільки в існуючих гібридних системах автомобіля завжди присутнє друге джерело енергії – електричний генератор, і/або електродвигун з можливістю працювати в генераторному режимі, є можливість проводити перетворення кінетичної енергії автомобіля, що рухається, в електричну енергію. Це активно може використовуватись під час руху на спусках і в режимі уповільнення гібридного автомобіля.

Розрахунки поділено на основні етапи:

- на першому етапі досліджувались процеси рекуперації енергії гальмування гібридного автомобіля, для чого розроблено і виготовлено фізичну модель рекуперативної системи транспортного засобу з електричною передачею [1, 4, 12, 16];
- на другому етапі робіт на стаціонарній дизель - генераторній установці з дизелем К-461М досліджувались процеси рекуперації теплової енергії з використанням її для безпального передпускового прогріву двигуна і підтримки його робочої температури під час зупинок на тривалість теплової підготовки час;
- на третьому етапі запропонована комбінована схема реалізації системи рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею та утилізацією теплової енергії ВГ.

На рис. 4.1. показано розроблену функціональну схему реалізації системи рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею і утилізацією теплової енергії системою прогріву. Система рекуперації енергії включає елементи накопичення, зберігання і реалізації (віддачі) накопиченої енергії з використанням конденсаторів надвеликої ємності. Застосування в транспортних засобах в якості накопичувачів електричної енергії конденсаторів надвеликої ємності обумовлено тривалим терміном їх експлуатації, низькими

вимогами до обслуговування, низьким внутрішнім опором, в результаті чого конденсатори здатні витримувати значно більші порівняно з акумуляторами струми заряду і розряду.

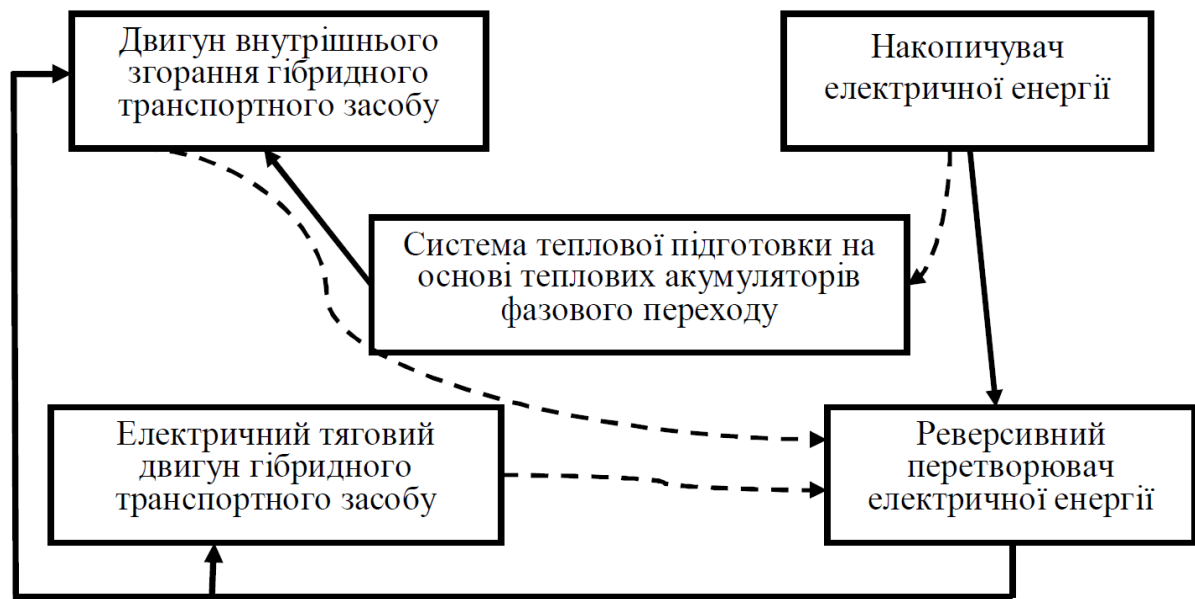


Рис. 4. 1. Функціональна схема системи рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею і утилізацією теплової енергії в процесах накопичення енергії (пунктирні лінії) і реалізації накопиченої енергії (суцільні лінії)

Накопичення електричної енергії (рис. 4.1.) може бути здійснено двома способами:

- від тягового електричного двигуна транспортного двигуна в режимі електрогальмування (тяговий електричний двигун працює в режимі генератора);
- від генератора двигуна внутрішнього згорання транспортного засобу під час перерв в русі, але з працюючим двигуном.

В обох випадках для узгодження сумісної роботи джерел енергії і накопичувача використовувався перетворювач електричної енергії. Крім накопичення енергії для використання теплових акумуляторів фазового переходу в системах прогріву при віддачі накопиченої енергії, перетворювач включається в

реверсному режимі і може самостійно здійснювати живлення тягового електродвигуна в режимі зрушення.

Також в обох випадках для узгодження параметрів джерел електроенергії і накопичувача використовується перетворювач електричної енергії. Крім накопичення енергії для використання в теплових акумуляторах фазового переходу як системи прогріву, в процесі віддачі накопиченої енергії, перетворювач включається в реверсному режимі і може як самостійно здійснювати живлення тягового електричного двигуна (як правилов режимі зрушення автомобіля з місця і на етапі початку розгону, коли чила інерції велика), так і працювати спільно з тяговим генератором на перехідних процесах, використовуючи енергію, що накопичено в конденсаторах. Блок-схема і деякі елементи фізичної моделі представлено на рис. 4.10.

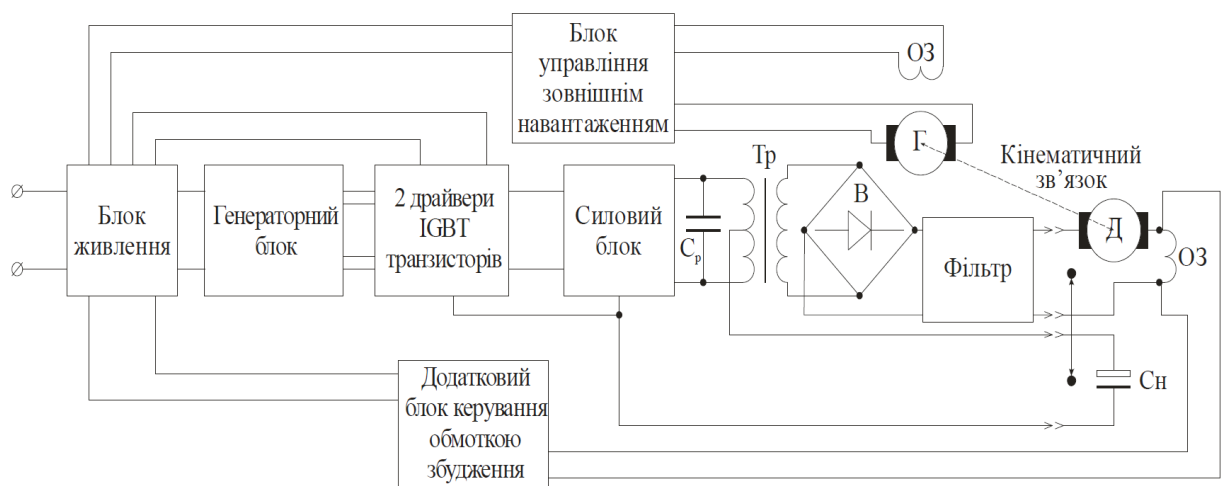


Рис. 4.2. Блок-схема фізичної моделі рекуперативної системи транспортного засобу з електричною передачею: T_p - імпульсний силовий трансформатор; В - випрямляч; Г - електричний двигун (імітатор зовнішнього навантаження); Д - модель тягового електродвигуна; ОЗ - обмотка збудження; C_n - накопичувач електричної енергії

Оскільки напруга на конденсаторах залежить від ступеня їх заряду, виникає необхідність створення стабільно працюючого, надійного перетворювача напруги з можливістю регулювання в широкому діапазоні струмів заряду і розряду накопичувача електричної енергії. Для регулювання струму заряду і розряду

пропонується принцип широтно-імпульсної модуляції зі зміною шпаруватості імпульсів від 0,89 до 0. Це дозволяє в широких межах змінювати значення струмів силового блоку. Узгодження напруг накопичувача електричної енергії і зовнішнього ланцюга здійснюється ступінчасто за допомогою зміни витків первинної і вторинної обмоток імпульсного силового трансформатора. Засобами комп'ютерного моделювання досліджувалась працездатність окремих блоків, рекуперація енергії транспортного засобу з накопичувачами на надпотужних конденсаторах з електричною передачею і утилізацією теплової енергії, визначались оптимальні режими і надійність їх роботи, зміна параметрів на перехідних режимах роботи системи.

Як було зазначено на другому етапі проводилось дослідження на установці «дизель–генератор» з дизелем К-461М, вивчалися процеси рекуперації теплової енергії з використанням її для передпускового прозигріву двигуна внутрішнього згорання і підтримки його температури під час зупинок на тривалість теплової підготовки.

Передбачено, що тепла енергія відбирається в теплообміннику з потоку відпрацьованих газів при роботі двигуна внутрішнього згорання і з потоком теплоносія надходить у багатосекційний тепловий акумулятор фазового переходу, що складається з трьох секцій. Секційна конструкція акумулятора продиктована необхідністю накопичення максимальної кількості теплової енергії та недопущенням контакту теплоносія, нагрітого до високих температур, з деталями і маслом системи змащування двигуна внутрішнього згорання. Передбачена робота даної системи з засобами автоматичного управління:

- електронним блоком управління;
- електричною запірною арматурою (клапанами);
- засобами примусової циркуляції теплових потоків.

На отримано годинно-температурні параметри процесів накопичення та реалізації утилізуємої теплоти відпрацьованих газів, запропоновані принципи і

схематичні рішення реалізації автоматичного керування тепловими потоками, уточнені параметри теплового акумулятора фазового переходу.

На основі вищенаведених міркувань запропоновано комбіновану схему системи рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею та утилізацією теплової енергії відпрацьованих газів (рис. 4.1., 4.2.). Схема такої системи включає в себе як рекуперацію енергії гальмування транспортного засобу, так і рекуперацію теплової енергії відпрацьованих газів і/або системи охолодження двигуна автомобіля. Така система додатково дозволяє витратити енергію, накопичену в конденсаторах надвеликої потужності в багатосекційному тепловому акумуляторі для передпускової підготовки двигуна внутрішнього згорання і/або підтримки його в прогрітому стані. Необхідність саме в такій системі також виникає у разі тривалої перерви в роботі двигуна автомобіля, коли тепловий акумулятор може частково або повністю розрядитися внаслідок неминучих втрат тепла в оточуюче середовище. У той же час, термін зберігання накопиченої електричної енергії в конденсаторах надвеликої місткості без істотних втрат досить значний і може тривати місяцями.

Таким чином, використання комбінованої схеми реалізації рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею та утилізацією теплової енергії відпрацьованих газів в єдиному комплексі дозволяє отримати значну економію палива, підвищити екологічні показники автомобіля в експлуатації. Не викликає сумнівів доцільність та економічна обґрунтованість оснащення бортовою системою рекуперації енергії автомобілів з електричною передачею, оскільки це дозволяє в залежності від режимів навантаження двигуна і характеру руху досягати економії палива та поліпшити екологічні показники автомобіля.

Використання комбінованої схеми реалізації рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею та утилізацією теплової енергії відпрацьованих газів двигуна в єдиний комплекс дозволяє здійснювати безпаливний передпусковий розігрів двигуна внутрішнього згорання, що істотно скорочує витрату палива і покращує екологічні показники експлуатації транспорту.

Висновки до розділу 4:

1. Розроблено функціональну схему системи рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею і утилізацією теплової енергії в процесах накопичення енергії і її реалізації.
2. В результаті проведеної роботи запропоновано схему реалізації розробленої рекуперативної системи транспортного засобу без істотної зміни його штатної електричної схеми.
3. Розроблено блок-схему рекуперативної системи транспортного засобу з електричною передачею, яка може бути реалізованою в силових установках автомобіля, які мають можливість використання енергії двигуна внутрішнього згорання і електричної енергії, тобто в гібридних схемах силових установок автомобілів.
4. Доведено доцільність та економічну обґрунтованість оснащення бортовою системою рекуперації енергії автомобілів з електричною передачею, оскільки це дозволяє в залежності від режимів навантаження двигуна і характеру руху досягати економії палива та покращити екологічні показники автомобіля.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто загальні відомості про гібридні автомобілі, наведено їх основні переваги відносно автомобілів з двигунами внутрішнього згорання, а також деякі особливості щодо експлуатації. Показано, що в гібридних автомобілях є можливим складний режим рекуперації енергії через використання кінетичної енергії автомобіля, що рухається, при уповільненні для зарядки накопичувача.

Важливим моментом є те, що енергію від обох джерел можна запасати з подальшим використанням як для руху автомобіля, так і для теплової підготовки двигуна внутрішнього згорання, кабіни вантажного, салону легкового автомобіля і автобуса. Оскільки в гібридних автомобілях енергія може зберігатись як електрична і в достатній кількості, це дає ще одну додаткову можливість прямого використання електричних засобів теплової підготовки двигуна внутрішнього згорання і кабіни вантажного автомобіля (салону легкового автомобіля, автобуса).

2. Розглянуто особливості конструкції теплових акумуляторів фазового переходу для транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання і стаціонарних енергетичних установок. Наведено принципові схемні рішення щодо конструкцій теплових акумуляторів для використання на автомобілях з двигунами внутрішнього згорання. Показано, що для теплової підготовки автомобільних двигунів внутрішнього згорання в теплових акумуляторах в якості теплоакumuлюючого матеріалу доцільно використовувати суміші й сплави органічних і неорганічних речовин, що тривало і надійно забезпечують роботу при необхідних значеннях температур плавлення та великі терміни служби теплового акумулятора в цілому.

3. Проведено аналіз існуючих конструкцій теплових акумуляторів фазового переходу з урахуванням можливості їх використання для теплової підготовки двигунів внутрішнього згорання і автомобілів. Сформульовано перспективні напрямки удосконалення існуючих теплових акумуляторів для використання на автомобільному транспорті, які полягають в керуванні температурним впливом

при здійсненні процесу передпускового і післяпускового прогрівання двигуна і транспортного засобу в встановлених межах за допомогою багатосекційних теплових акумуляторів.

4. Розроблено функціональну схему системи рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею і утилізацією теплової енергії в процесах накопичення енергії і її реалізації. Запропоновано схему реалізації розробленої рекуперативної системи транспортного засобу без істотної зміни його штатної електричної схеми

5. Розроблено блок-схему рекуперативної системи транспортного засобу з електричною передачею, яка може бути реалізованою в силових установках автомобіля, які мають можливість використання енергії двигуна внутрішнього згорання і електричної енергії, тобто в гібридних схемах силових установок автомобілів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шульгин В.В. Тепловые аккумуляторы автотранспортных средств / В.В.Шульгин / СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2005. - 268 с.
2. Александров В.Д. Теплоаккумулирующие материалы на основе кристаллогидратов / В.Д. Александров, О.В. Соболев, С.А. Фролова, И.В. Сельская, А.Ю. Соболев, С.Г. Бугасова, Н.В. Щебетовская, Д.П. Лойко, В.Н. Ардачев, О.Е. Сильченко, М.В. Стасевич // Вісник ДонНАБА. 2009. – 1 (75). – С. 100-103.
3. Левенберг В.Д. Аккумуляирование тепла / В.Д. Левенберг, М.Р. Ткач, В.А. Гольстрем // Киев: Техника. 1991. - 112 с.
4. Фазовий перехід [Електронний ресурс] // Вікіпедія. - Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%85%D0%BE%D0%B4 – 03.05.2014 г.
5. Сотникова О.А. Аккумуляторы теплоты теплогенерирующих установок систем теплоснабжения / Сотникова О.А., Турбин В.С., Григорьев В.А. // АВОК, 2003, №5, с. 40-46
6. Мозговой А.Г., Шпильрайн Э.Э., Дибиров М. А., Бочков М.М., Левина Л.Н., Кенисарин М.М. Теплофизические свойства теплоаккумулирующих материалов. Кристаллогидраты. М.: ИВТАН АН СССР, 1990. № 2 (82). 9. Куликов Ю. А. Системы охлаждения, вентиляции и отопления автомобилей: [Монография] / Куликов Ю. А., Грибиниченко М. В., Гончаров А. В. – Луганск: Изд-во ВЛУ им. В. Даля, 2006. – 248 с. 30
7. Ложкин В.Н. Теория и практика применения тепловых аккумуляторов фазового перехода для улучшения экологических и топливно-экономических показателей автотранспортных средств/ В.Н. Ложкин, В.В. Шульгин // Вопросы охраны атмосферы от загрязнения: Информационный бюллетень №2 (22). - СПб. : НПК «Атмосфера» при ГГО им. Войкова, 2000. - С. 40-53.
8. Lämpöakusta pikalämmitys // Suomen autolehti. - 1994. - № 3. - P. 20-23.

9. Алексанян Г. Термос для двигателя. / Основні засоби. Журнал про спецтехніку і автотранспорт. // Режим доступу: http://www.os1.ru/article/service/1998_12_A_2005_11_18-14_56_20/. - 05.01.2014.
10. Патент № 62417 (UA), МКП F01P 3/22 (2006.01). Система регулювання температури охолоджуючої рідини газопоршневого електроагрегату з утилізацією теплоти з тепловим акумулятором / І.В. Грицук, З.І. Краснокутська, Д.С. Адров тощо, В.І. Дорошко / (Україна); Заявник і патентовласник НТУ. - № u2011 01845; заяв. 17.02.2011; опубл. 25.08.2011, Бюл. №16.- 5с.: іл.
11. Дэниэлс Д. Современные автомобильные технологии / Д. Дэниэлс - М.: АСТ, 2003. -224 с. 2. С. Сысоева. Журнал «КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ» / Светлана Сысоева. - № 12 '2009. 3. Гибридная силовая установка автомобиля [Электронный ресурс]: <https://www.studiplom.ru/Technology-DVS/hybrid.html> 16. Принцип работы гибридного автомобиля [Электронный ресурс]: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=477554#text> 5. История гибридных автомобилей. Их преимущества [Электронный ресурс]: <http://www.electra.com.ua/istoricheskie-fakty/497-istoriya-gibridnykh-avtomobilej-preimushchestva-ikh-ekspluatatsii.html>