

УДК: 621.43 + 621.43.016.4-57+536.421+541.6:541.183

В.П. Волков¹, І.В. Грицук², М.В. Володарець³, Д.С. Погорлецький², Р.В. Симоненко⁴*Харківський національний автомобільно-дорожній університет¹**Херсонська державна морська академія²**Український державний університет залізничного транспорту³**ДП "ДержавтотрансНДІпроект"⁴***ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПРОГРІВУ ГІБРИДНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ**

В роботі розглянуто особливості формування теплоенергетичних характеристик теплоакumuлюючого матеріалу для здійснення комбінованого прогріву транспортного засобу в процесах рекуперації енергії. Представлена схема системи комбінованої утилізації теплової енергії транспортного двигуна та транспортного засобу. Сформульовано основні вимоги до теплових акумуляторів фазового переходу системи прогріву. Наведено результати експериментальних досліджень на фізичній моделі системи рекуперації з тепловим акумулятором.

Ключові слова: транспортний засіб; тепловий акумулятор; фазовий перехід; теплоакumuлюючий матеріал, система рекуперації, тепла підготовка.

**В.П. Волков, И.В. Грицук, Н.В. Володарец, Д.С. Погорлецкий, Р.В. Симоненко
ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ
КОМБИНИРОВАННОГО ПРОГРЕВА ГИБРИДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

В работе рассмотрены особенности формирования теплоэнергетических характеристик теплоаккумуляторного материала для осуществления комбинированного прогрева транспортного средства в процессах рекуперации энергии. Представлена схема системы комбинированной утилизации тепловой энергии транспортного двигателя и транспортного средства. Сформулированы основные требования к тепловым аккумуляторам фазового перехода системы прогрева. Приведены результаты экспериментальных исследований на физической модели системы рекуперации с тепловым аккумулятором.

Ключевые слова: транспортное средство; тепловой аккумулятор; фазовый переход; теплоаккумуляторный материал, система рекуперации, тепловая подготовка.

**V. Volkov, I. Gritsuk, M. Volodarets, D. Pohorletskyi, R. Symonenko
FEATURES OF THE STUDY OF THERMAL AND ENERGY CHARACTERISTICS OF THE
HEAT-ACCUMULATING MATERIAL FOR THE COMBINED HEATING OF A HYBRID
VEHICLE**

The features of study of heat-energy characteristics of heat-accumulating material for carrying out combined heating of a vehicle, which uses a hybrid drive, in the processes of its energy recovery, are considered in the paper. The scheme of the system of combined utilization of heat energy of a transport engine and a vehicle is presented. The basic requirements for thermal accumulators of the phase transition of the heating system are formulated. The results of experimental research on the physical model of thermal accumulator are presented. The combined scheme of realization of the energy recovery system on the vehicle with electric transmission and utilization of thermal energy on the laboratory physical model is proposed and implemented. The need for such a scheme arises in the event of a long interruption in the operation of the vehicle's engine, when the thermal accumulators of the heating system are partially or completely discharged due to the inevitable loss of heat in the surrounding space.

Keywords: vehicle; heat accumulator; phase transition; heat storage material, recovery system, heat treatment.

Постановка проблеми.

Для ефективної роботи двигуна транспортного засобу дієвим є впровадження в їх конструкцію сучасних ресурсозберігаючих, екологічно чистих технологічних рішень. Це дозволить розширити функціональні можливості, а також збільшити їх продуктивність.

Для адаптації зазначених заходів в практику експлуатації транспортних засобів (ТЗ) доцільним є проведення системних досліджень, що включають в себе різні методи конструювання, розрахунково-експериментальні дослідження й аналіз отриманих результатів, на рівнях створюваних комплексів з теплової підготовки та їх компонентів. Їх впровадження в практику експлуатації транспортних засобів, які використовують гібридну передачу потужності, потребує адаптації їх функціональних і технологічних можливостей з використанням електричної енергії рекуперації від гальмування транспортного засобу [1-6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Виконаний аналіз існуючих систем когенерації, рекуперативних систем транспортних засобів з електричною тягою (гібридних), характеристик і сфер застосування накопичувачів енергії для них [1-24, 29] показав, що для них є ефективним поєднання можливостей рекуперативної системи транспортного засобу, оснащеного електричною тягою, з можливостями системи комбінованої утилізації теплової енергії на основі теплових акумуляторів фазового переходу.

Постановка завдань.

Метою роботи є розгляд особливостей дослідження, отримання і формування раціональних теплоенергетичних характеристик теплоакуючого матеріалу (ТАМ) для здійснення комбінованого прогріву гібридного транспортного засобу в різних системах та механізмах в умовах експлуатації.

Викладення основного матеріалу.

В роботі [23] розглянуті можливості вдосконалення процесів теплової підготовки підсистем та механізмів гібридного транспортного засобу з використанням теплових акумуляторів фазового переходу в умовах експлуатації.

Для формування системи прогріву двигуна і транспортного засобу, оснащеного системою рекуперації, вирішено використовувати комбінацію теплових акумуляторів фазового переходу при одночасному застосуванні електричних нагрівачів. Особливості використання в транспортних засобах теплових акумуляторів фазового переходу описані в роботах [1-6]. Принципова схема системи комбінованої утилізації теплової енергії на основі теплових акумуляторів (ТА) фазового переходу, розроблена авторами, показана в роботі [5]. Система виконує частину функцій систем охолодження, мащення і випуску відпрацьованих газів (ВГ), а також здійснює визначальний вплив на протікання робочого процесу транспортного двигуна і салону транспортного засобу. Вона складається з наступних складових і елементів: підсистеми прискореного прогріву двигуна (СППД), підсистеми утилізації теплової енергії ВГ з ТА фазового переходу (СУТТА), контактного теплового акумулятора (КТА), накопичувача моторного масла з тепловим акумулятором (НМОТА), накопичувача охолоджуючої рідини з тепловим акумулятором (НОРТА), ТА каталізатора системи нейтралізації ВГ (ТАСНВГ) [5].

Вказані підсистеми двигуна і ТЗ можуть працювати спільно у складі та за алгоритмом роботи системи комбінованої утилізації теплової енергії, або окремо одна від одної з виконанням особливих, властивих їм особистих функцій [5,6].

Застосування системи комбінованої утилізації теплової та електричної енергії на основі теплових акумуляторів для транспортного двигуна і гібридного ТЗ дає можливість виконувати [23, 24]: швидкий передпусковий прогрів двигуна ТЗ без його пуску від фазоперехідного ТА СУТТА та підсистеми СППД на рівні 40-60 °С; швидкий прогрів до температури, при якій можливе навантаження двигуна ТЗ; скоротити час прогріву до оптимальної, з точки зору робочого процесу двигуна ТЗ, температури ОР і МО (на рівні 85±5 (95±2) °С) та підтримувати її на заданому експлуатаційному рівні; швидкий прогрів салону гібридного ТЗ до температури, при якій можлива експлуатація ТЗ без використання високовольтної батареї; забезпечувати стаке підтримання температури двигуна ТЗ під час зупинки (в міжзмінний період) до температури 40-50 °С без його роботи в режимі холостого ходу; забезпечувати стаке підтримання температури високовольтної батареї гібридного ТЗ в умовах експлуатації при низьких температурах оточуючого середовища.

Було розроблено цикл забезпечення теплової підготовки підсистем гібридного транспортного засобу, який складається з послідовних стадій накопичення теплоти в процесах зарядки ТА різними джерелами енергії гібридного транспортного засобу, її зберігання та використання (розрядка ТА) для прискореного прогріву окремих підсистем гібридного транспортного засобу: ДВЗ, салону транспортного засобу, високовольтної батареї тощо - описано в [5, 25].

Розглянемо особливості формування теплоенергетичних характеристик ТАМ для здійснення комбінованого прогріву транспортного засобу в процесах рекуперації енергії транспортного засобу.

Для дослідження теплоенергетичних характеристик ТАМ у системі рекуперації ТЗ [34 - 36] була:

- виготовлена фізична модель рекуперативної установки транспортного засобу і теплового акумулятора;
- виготовлені і повірені термопари;
- підібрано нагрівальне і вимірювальне обладнання;

- здійснено апробацію працездатності системи.

Важливим фактором ефективної роботи системи рекуперації тепла є правильний підбір ТАМ.

Вибір ТАМ здійснювали з урахуванням наступних вимог. ТАМ повинен володіти:

- значною теплоємністю;
- в показаному інтервалі температур теплоакumuлююча речовина повинна мати точку фазо-агрегатного переходу (точку плавлення);
- хімічною стабільністю;
- не повинен переходити в газоподібний стан за рахунок кипіння або сублимації;
- не повинен вступати в хімічну реакцію з матеріалом капсули;
- не повинен надавати отруйну дію на організм людини при проведенні ремонту або обслуговування теплового акумулятора;
- не повинен бути вибухонебезпечним і загорятися в діапазоні робочих температур;
- доступним і бути відносно недорогими.

На основі поставлених вимог до теплових акумуляторів фазового переходу системи прогріву були досліджені і обрані ТАМ.

В основу експериментальних досліджень покладена необхідність прогріву двигуна транспортного засобу при низькій температурі оточуючого середовища в період передпускового прогріву до температур «гарячого пуску», а саме: 40 °С, або 50 °С, або 60 °С, при яких можливо розпочати рухатись, а при більших температурах – приймати навантаження, а потім, в процесі руху ТЗ – нагрів до температури $85 \pm 1,5$ °С [5, 26].

На основі проведеного аналізу [2, 3, 5, 26 - 29] і результатів експериментального дослідження, для необхідних температурних діапазонів робочих середовищ, на які планувалося впливати системою комбінованого прогріву транспортного двигуна і гібридного транспортного засобу, були обрані теплоакumuлюючі речовини [5, 26, 30].

Для системи охолодження і оливи транспортного двигуна, а саме ТА фазового переходу підсистеми утилізації теплової енергії відпрацьованих газів, був використаний поліетилен високого тиску, при цьому в якості ТАМ контактного теплового акумулятора фазового переходу і оболонки накопичувачів для моторного масла і охолоджуючої рідини з ТА фазового переходу була використана суміш високомолекулярних вуглеводнів С18-С35 (парафін Т3) [5, 26].

При виборі ТАМ для системи нейтралізації відпрацьованих газів були використані 2 речовини - відповідно для бензинового і дизельного двигуна. При цьому керувалися такими положеннями. Основною умовою оптимального ступеня нейтралізації ВГ транспортного двигуна - до 98% є точне дотримання коефіцієнта надлишку повітря $\alpha = 1 \pm 0,005$. Цей дуже вузький діапазон називають альфа-діапазоном. Дотримання таких дуже жорстких допустимих меж можливо тільки за допомогою електронних засобів регулювання двигуна. Ці жорсткі допуски можна порівнювати з допустимими межами при перевірці токсичності відпрацьованих газів для перевірки контуру регулювання $\pm 0,02/0,03$. Забезпечення швидкого досягнення відповідних значень α після запуску двигуна транспортних засобів досягається також і за допомогою попереднього пуску двигуна передпускової його теплової підготовки, а використання додаткового підігріву потоку відпрацьованих газів забезпечує додатково короткий термін його досягнення. Крім цього, з практики автомобільного транспорту відомо, що одним з важливих чинників високого ступеня нейтралізації ВГ після здійснення запуску транспортного двигуна є досягнення в найкоротші терміни точки початку температурного стрибка каталізатора (Light-off) [31, 32]. Точкою Light-off називають температуру [32], при якій в каталізаторі перетворюється 50% шкідливих речовин. У каталізаторів потрібної дії точка Light-off знаходиться на рівні 250 °С, в той час як в окислювальних каталізаторах для дизельних двигунів через високу концентрацію кисню у ВГ вона досягається вже при 160 °С [32]. Ці обрані теплоакumuлюючі речовини гідрокінон і ідкий натр [31].

Фізична модель теплового акумулятора є герметичною капсулою трубчастого типу, в якій розміщений ТАМ, температуру якого вимірювали термopарою, що розташовується в оболонці [5]. Термopара мала безпосередній тепловий контакт з теплоакumuлюючою речовиною. В якості матеріалів для виготовлення ємкості капсули використовували безшовну товстостінну трубу з нержавіючої жароміцної сталі аустенітного класу марки 12X18H10T. На цьому етапі досліджень головною метою було отримання даних про кількість теплової енергії, яку накопичують теплоакumuлюючі речовини при нагріванні і віддають при охолодженні. На фізичній моделі теплоакumuлюючої установки вивчені температурно-часові параметри процесів накопичення і

реалізації утилізованої теплоти, запропоновані принципи і схематичні рішення реалізації управління тепловими потоками, уточнені параметри теплових акумуляторів фазового переходу [5].

В процесі проведених досліджень, запропонована і реалізована комбінована схема реалізації системи рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею і утилізацією теплової енергії на лабораторній фізичній моделі. Запропонована схема включає в себе як рекуперацію енергії гальмування транспортного засобу, так і рекуперацію теплової енергії, але додатково дозволяє витратити енергію накопичену в конденсаторах для використання в системі теплової підготовки транспортного двигуна або підтримки його в прогрітому стані [5, 34 – 37]. Необхідність в реалізації такої схеми виникає в разі тривалої перерви в роботі двигуна транспортного засобу, коли теплові акумулятори системи прогріву частково або повністю розряджаються за рахунок неминучих втрат тепла в навколишній простір.

Дослідження на фізичній моделі підтвердили можливість використання рекуперативної системи енергії руху ТЗ з конденсаторами надвеликої ємності для прогріву теплових акумуляторів [5, 31, 34 – 37].

Дослідженнями впливу напруги живлення силового блоку перетворювача напруги на параметри рекуперативної системи визначено, що рекуперативна система зберігає працездатність при зниженні напруги джерела енергопостачання (накопичувальний конденсаторний блок або тяговий електродвигун в генераторному режимі) майже до нульового значення. Це дає можливість повністю використовувати ємність накопичувального конденсатора і здійснювати електричне гальмування транспортного засобу з накопиченням енергії практично до повної його зупинки.

Разом із тим, слід зазначити, що при тривалому зберіганні теплової енергії в теплових акумуляторах, неминучі її втрати навіть при якісній теплоізоляції. Компенсувати втрати теплової енергії можливо за рахунок підігріву теплоакumuлюючої речовини від бортового джерела електричної енергії. В якості такого джерела може виступати накопичувач електричної енергії в транспортних засобах з електричною передачею, оснащених системою рекуперації електричної енергії. В якості накопичувачів електричної енергії можуть використовуватися акумулятори або конденсатори надвеликої ємності [5, 34 – 37]. Використання конденсаторів є більш доречним, оскільки в них значний гарантований термін служби (до 15 років) і вони здатні працювати з тривалими струмами заряду і розряду в сотні і тисячі ампер.

За допомогою фізичної моделі і перерахунку отриманих результатів для маси досліджуваних речовин до 1 кг при використанні електричного нагріву фізичних моделей ТА (капсул) від конденсаторів надвеликої потужності отримали результати, показані для парафіну на рис. 1, поліетилену рис. 2, їдконого натру рис. 3 і гідрохінону рис. 4. Вертикальна лінія на графіках, підтверджує наявність фазового переходу в часі.

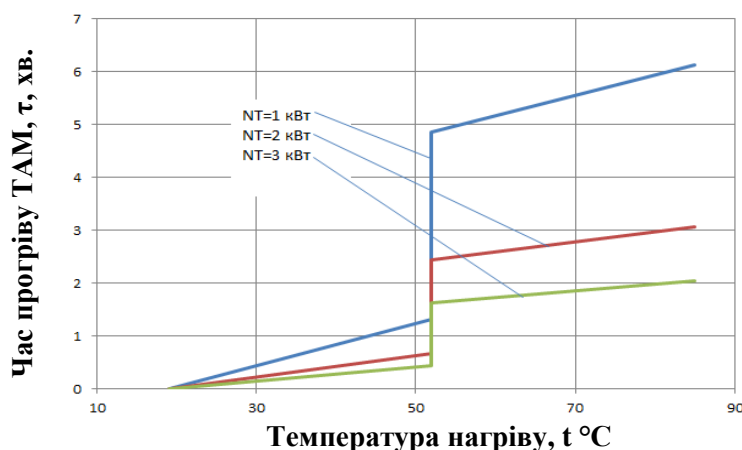


Рис. 1. Експериментально-розрахункові залежності часу прогріву ТАМ парафіну від конденсаторів надвеликої потужності, отримані на фізичній моделі рекуперативної установки ТЗ при різній потужності нагрівачів

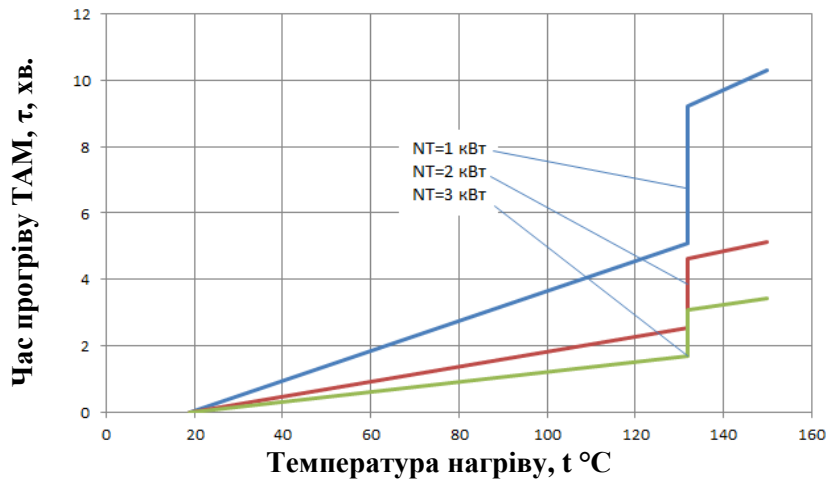


Рис. 2. Експериментально-розрахункові залежності часу прогріву ТАМ поліетилену від конденсаторів надвеликої потужності, отримані на фізичній моделі рекуперативної установки ТЗ при різній потужності нагрівачів

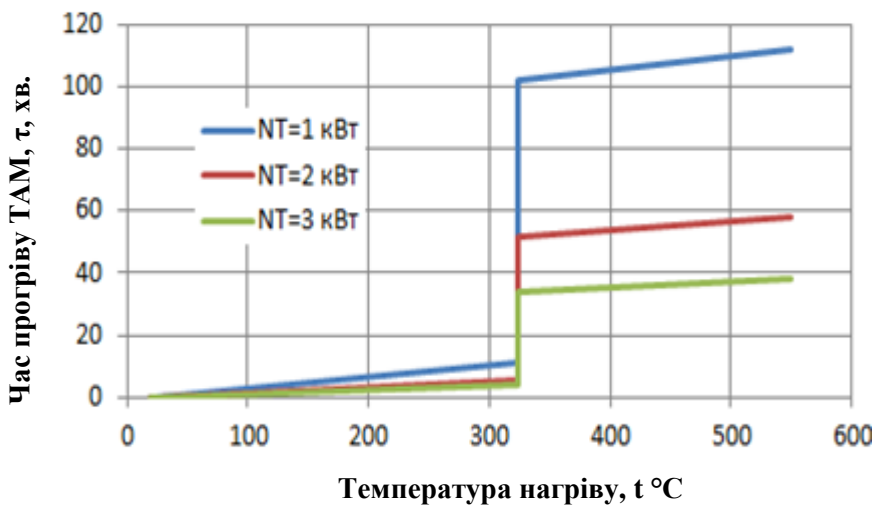


Рис. 3. Експериментально-розрахункові залежності часу прогріву ТАМ їдкою натру від конденсаторів надвеликої потужності, отримані на фізичній моделі рекуперативної установки ТЗ при різній потужності нагрівачів

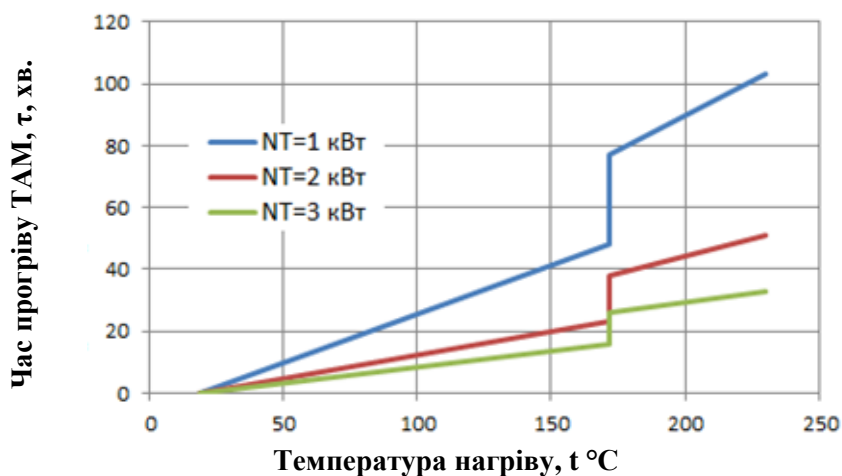


Рис. 4. Експериментально-розрахункові залежності часу прогріву ТАМ гідрохінону від конденсаторів надвеликої потужності, отримані на фізичній моделі рекуперативної установки ТЗ при різній потужності нагрівачів

Потужність встановлювали і автоматично підтримували за рахунок зміни шпороватості імпульсів струму частотою 20 Гц. Пристрій для формування і регулятор потужності імпульсів зібраний на базі ШИМ - контролера TL494. В якості силового ключа використовували чотири включених паралельно IGBT транзистора IRG4PC60F [5, 37].

В цілому, в процесі використання системи рекуперації енергії в транспортних засобах, досліджені на фізичній моделі, для різних ТАМ всієї системи прогріву, були отримані залежності процесів нагрівання ТАМ теплових акумуляторів від часу, показані на рис. 5.

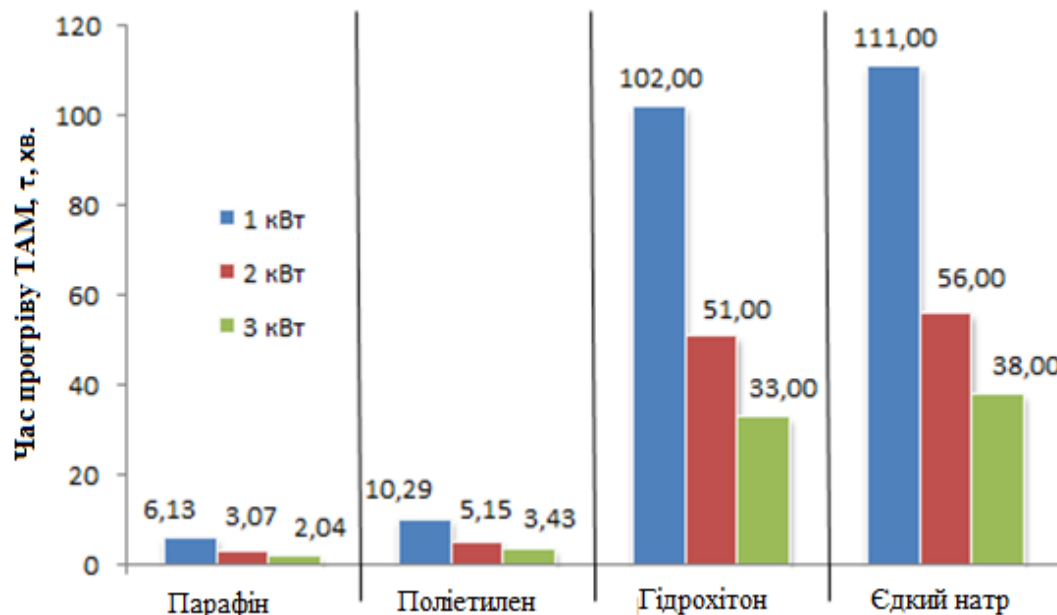


Рис. 5. Порівняльні залежності часу прогріву теплоакумуючих матеріалів системи прогріву для транспортного засобу з використанням системи рекуперації енергії при різній потужності нагрівачів

Виявлено, що використання накопиченої в конденсаторах надвеликої ємності електричної енергії для забезпечення зарядки ТА фазового переходу дозволяє диверсифікувати енергетичні потоки забезпечення працездатності ТА в процесах експлуатації ТЗ, що змінюються.

Висновки

В роботі наведено процес формування теплоенергетичних характеристик ТАМ для здійснення комбінованого прогріву транспортного засобу в процесах рекуперації енергії транспортного засобу. Для цього була виготовлена фізична модель рекуперативної установки транспортного засобу і теплового акумулятора; виготовлені і повірені термопари; підібрано нагрівальне і вимірювальне обладнання; здійснено апробацію працездатності системи. В ході досліджень була запропонована і реалізована комбінована схема реалізації системи рекуперації енергії на транспортному засобі з електричною передачею і утилізацією теплової енергії на лабораторній фізичній моделі.

За допомогою фізичної моделі і перерахунку отриманих результатів для маси досліджуваних речовин до 1 кг при використанні електричного нагріву фізичних моделей ТА (капсул) від конденсаторів надвеликої потужності отримали результати для парафіну, поліетилену, їдкого натру і гідроксидону відповідно.

В процесі використання системи рекуперації енергії в транспортних засобах, досліджені на фізичній моделі, для різних ТАМ всієї системи прогріву, були отримані залежності процесів нагрівання ТАМ теплових акумуляторів від часу.

Список використаних джерел:

1. Park, S., Woo, S., Shon, J., & Lee, K. (2017). Experimental study on heat storage system using phase-change material in a diesel engine. Energy, 119, 1108-1118. doi: 10.1016/j.energy.2016.11.063.
2. Вашуркин И.О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой. СПб.: Наука, 2002. 145 с.

3. Will, F. and Boretti, A., "A New Method to Warm Up Lubricating Oil to Improve the Fuel Efficiency During Cold Start," SAE Int. J. Engines 4(1):175-187, 2011, doi.org/10.4271/2011-01-0318.
4. Матейчик В. П. Системний підхід до аналізу структурних схем енергоустановок транспортних засобів. Вісник НТУ "ХПІ" №7(т.2). Харків, НТУ"ХПІ". 2002. С. 162-167.
5. Gritsuk, I., Volkov, V., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Verbovskiy V. 'Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System,' SAE Technical Paper 2016-01-8071, 2016, doi:10.4271/2016-01-8071.
6. Волков В. П., Грицук І. В., Гутаревич Ю. Ф., Александров В. Д., Поддубняк В. Й., Прилепський Ю. В., Комов П. Б., Адров Д. С., Вербовський В. С., Краснокутська З. І., Волкова Т. В. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування: монографія. Донецьк: ЛАНДОХ-XXI, 2015. 314 с.
7. Donnelly F.W., Cousineau R.L., Horsley R.N.M. Hybrid Technology for the Rail Industry. Proceedings of the 2004 ASME/IEEE Joint Railroad Conference. pp 113 – 117.
8. Lohner A., Evers W. Intelligent Power Management of a Supercapacitor Based Hybrid Power Train for Light-Rail Vehicles and City Busses. IEEE 35th Power Electronics Specialist Conference, 2004. pp 672-676.
9. Yap H.T., Schofield N., Bingham C.M. Hybrid Energy/Power Sources for Electric Vehicle Traction Systems IEEE Power Electronics, Machines and Drives Conference, 2004. pp 61 – 66.
10. Wolfs P., Negnitsky M. (ed). Energy Storage Options for Hybrid Diesel Electric Shunting Locomotives. Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC, Hobart, Tasmania: University of Tasmania, 2005, Sep 25 2005. pp. S123-S123.
11. Cousineau R. Development of a Hybrid Switcher Locomotive. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, February, 2006. p. 25-29.
12. Akli C.R., Sareni B., Roboam X., Jeunesse A. Integrated optimal design of a hybrid locomotive with multiobjective genetic algorithms. International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, 2009. vol. 30 (n° 3-4). pp. 151-162. ISSN 1383-5416.
13. Фалендыш А.П., Володарец Н.В. Использование гибридных передач на маневровых тепловозах. Локомотив-информ. 2010. №12, декабрь. С. 4-7.
14. Liudvinavičius L., Lingaitis L.P. New locomotive energy management systems. Maintenance and reliability. Eksploatacja i niezawodność, Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. No 1. 2010. pp. 35-41.
15. Liudvinavičius L., Lingaitis L.P. Locomotive kinetic energy management. Transport Problems: an International Scientific Journal. Sep 2011. Vol. 6 Issue 3. pp. 135-142.
16. Falendish, A. Diesel-locomotive switcher's modernization by hybrid transmission of power / A. Falendish, N. Volodarets, N. Bragin // ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Lugansk. – 2012. – Vol. 12. – No 4. – P. 58-63.
17. Володарець, М.В. Удосконалення методів та моделей визначення техніко-економічних показників гібридних локомотивів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07. Укр. держ. ун-т залізн. трансп. Харків, 2016. 20 с.
18. Falendysh A., Kharlamov P., Kletska O., Volodarets N. Calculation of the Parameters of Hybrid Shunting Locomotive. Transportation Research Procedia Volume 14, 2016. Elsevier B.V. Pp. 665-671. - doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.32.
19. Falendysh A., Volodarets M., Hatchenko V., Kletska O. The impact of the type of operation on the parameters of a shunting diesel locomotive with hybrid power plant. MATEC Web of Conferences: BulTrans-2017: 9th International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies. 2017. Vol. 133. Article number 03003. 4 p. DOI: 10.1051/mateconf/201713303003.
20. Volodarets M., Kletska O., Hatchenko V., Shuleshko D., Kosariev O. Determination Parameters of a Hybrid vehicle in Its Life Cycle. International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7, №. 4.3. Pp. 339-343. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.3.19830.
21. Баласанян Г.А. Оценка эффективности интегрированных когенерационных систем // Экотехнологии и ресурсосбережение. 2006. № 3. С. 9–12.
22. Morosuk T. Morosuk C., Bishliaga S. 'Thermodynamic analysis of traditional and alternative heating systems for Ukraine' // In: Advances in Energy Studies. Reconsidering the Importance of Energy, Eds. Ulgiati, S., Brown, T.M., Giampietro, V., Herendeed, R.A. and Mayumi, K. (SGEditoriali, Padova). 2003. P. 381-388.
23. Грицук І.В., Володарець М.В., Погорлецький Д.С., Курносенко Д.В., Левченко Д.І. Особливості моделювання та формування в експлуатації теплової підготовки двигуна транспортного засобу на основі теплових акумуляторів фазового переходу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 18. Т. 2. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 295-304.
24. Gritsuk, I. V., Mateichyk, V., Aleksandrov, V., Prilepsky, Y., Panchenko, S., Kagramanian, A., Volkov V., Cherniak Yu., Volodarets M., Belousov E., Kukharonak H., Rodin O. 'Features of Modeling Thermal Development Processes of the Vehicle Engine Based on Phase-Transitional Thermal Accumulators,' SAE Technical Paper 2019-01-0906, 2019.
25. Гутаревич Ю.Ф., Грицук І.В., Вербовський В.С., Краснокутська З.І. Особливості алгоритму роботи системи передпускового прогріву газового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву. Вісник СевНТУ. Збірник наук. праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. Севастополь: СевНТУ. 2013. Випуск 143/2013. с.53-57.

26. Gritsuk, I., Aleksandrov, V., Panchenko, S., Kagramanian, Sobol O., Sobolev A., Varbanets R., "Features of Application Materials While Designing Phase Transition Heat Accumulators of Vehicle Engines," SAE Technical Paper 2017-01-5003. 2017.
27. Александров В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред. Донецк: Донбасс, 2011. 580с.
28. Левенберг В.Д., Ткач М.Р., Гольстрем В.А. Аккумулирование тепла. Киев: Техника. 1991. 112 с.
29. Александров В. Д., Гутаревич Ю. Ф., Грицук І. В., Прилепський Ю. В., Постніков В. А., Гуцун А. М., Адров Д. С., Вербовський В. С., Краснокутська З. І. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів: монографія. Донецьк: Вид-во «Ноулідж» (Донецьке відділення). 2014. 230 с.
30. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.
31. Development of an Electric Bus for Power Station Tours 42 Kiyomi Yamasaki, Shunji Taniguchi, Kazuyuki Adachi, Goichi Ariyoshi; Kyushu Electric Power Co., Inc. In Proceedings of 18-th International Electric Vehicle Symposium (EVS-18) October 20-24, 2001 Berlin, Germany A Conference of the WEVA – World Electric Vehicle Association
32. Хендерсон Б., Хейнес Дж. OBD-II и электронные системы управления двигателем. Руководство. СПб.: Алфамер Паблишинг, 2011. 248 с.
33. Грицук І.В., Прилепський Ю.В., Краснокутська З.І. Патент № 75811 Україна, МПК (2012.01) F01P 3/22 (2006.01), Система регулювання температури охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання з утилізацією теплоти тепловим акумулятором транспортного засобу, оснащеного системою рекуперації електричної енергії / / (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т. № u2012 07571; заяв.20.06.2012; опубл. 10.12.2012. Бюл. №23. 4с.:іл.
34. Прилепський Ю.В., Грицук І.В., Адров Д. С., Дорошко В. І., Картава С. О. Визначення параметрів теплоакмулюючих речовин для бортової системи рекуперації теплової енергії тягового рухомого складу. Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. Донецьк: ДонІЗТ, 2012. Випуск №31. с. 168-176.
35. Прилепский Ю.В., Грицук І.В. Использование физической модели для исследования процессов рекуперации в транспортных средствах с электрической передачей. Вісник Національного технічного університету «ХПІ».Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. Х.: НТУ «ХПІ». 2013. № 30 (1003). с.134-139.
36. Грицук І.В., Прилепский Ю.В. Экономия топливных ресурсов за счет использования бортовой системы рекуперации с утилизацией энергии на транспортном средстве с электрической передачей. Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. Всеукраїнська науково-практична конференція, 10-12 жовтня 2012р. Херсон: ХДМА. 2012. с. 243-247.
37. Черняк Ю.В., Прилепский Ю.В., Грицук І.В. Фізична модель рекуперативної системи маневрового тепловозу: монографія. Донецьк: ДонІЗТ. 2010. – 196с. ISBN 978-966-8707-28-5.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2019