

О.Ю. Лук'янченко<sup>1</sup>, Ю.О. Лук'янченко<sup>2</sup>, А.І. Крикун<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Черкаський державний технологічний університет

<sup>2</sup>Національний транспортний університет

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

*У статті розглядаються критерії та підходи до формування рішень щодо забезпечення теплової підготовки двигуна автомобіля до використання за призначенням шляхом утилізації (акумуляції) теплової енергії. Наводиться опис експериментальної установки теплового акумулятора та його принцип дії. Показані результати досліджень з різною кількістю речовини і різними теплоакуюлюючими матеріалами.*

**Ключові слова:** двигун внутрішнього згорання, передпускова тепла підготовка, автомобільний транспорт, тепловий акумулятор фазового переходу, теплоакуюлюючий матеріал, експлуатація.

А.Ю. Лукьянченко<sup>1</sup>, Ю.А. Лукьянченко<sup>2</sup>, А.І. Крикун<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Черкасский государственный технологический университет

<sup>2</sup>Национальный транспортный университет

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

*В статье рассматриваются критерии и подходы к формированию решений по обеспечению тепловой подготовки двигателя автомобиля к использованию по назначению путем утилизации (аккумуляции) тепловой энергии. Приводится описание экспериментальной установки теплового аккумулятора и его принцип действия. Показаны результаты исследований с разным количеством вещества и различными теплоаккумулирующими материалами.*

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, предпусковая тепловая подготовка, автомобильный транспорт, тепловой аккумулятор фазового перехода, износ двигателя, теплоаккумулирующий материал, эксплуатация.

A. Lukuanchenko<sup>1</sup>, Y. Lukuanchenko<sup>2</sup>, A. Krykun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cherkassy state technological University

<sup>2</sup>National Transport University

### INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF THERMAL PREPARATION OF AUTOMOTIVE ENGINE BY THERMAL ENERGY ACCUMULATION

*The article discusses criteria and approaches to creating solutions for the thermal preparation of the engine of the vehicle to be used for other purposes by processing (accumulation) of heat energy. It provided description of the experimental setup of the heat accumulator and the principle of its action. The results of studies with different quantities and different materials for storing heat showed.*

**Keywords:** internal combustion engine, pre-start thermal preparation, car transport, heat accumulator phase transition, engine wear, heat-accumulating material, exploitation.

**Постановка проблеми.** Одним з питань експлуатації автомобіля – це запуск та робота холодного двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) температурі навколишнього середовища. Це призводить до багатьох несприятливих наслідків пов'язаних з роботою ДВЗ та виконанню поставлених завдань для самого автотранспорту.

Аналіз літературних джерел показав, що до основних причин, що утрудняє пуск холодного двигуна, відносяться наступні [3]:

– збільшення моменту опору прокручування колінчастого вала двигуна, який необхідно подолати пусковим пристроєм і підтримки пускового швидкісного режиму (пускових оборотів), що викликано підвищенням в'язкості масла при низьких температурах;

– зниження потужності, що розвивається і числа обертів стартера, що пов'язано зі зменшенням ємності акумуляторних батарей;

– збільшення витoku повітря або суміші через нещільності в поршневих кільцях і клапанах при повільному обертанні вала двигуна;

– висока тепловіддача через стінки циліндрів під час стиснення через наявність холодних стінок і великого часу зіткнення їх з повітряним зарядом або повітряно-паливної сумішшю, що призводить до зниження індикаторного тиску, що розвивається двигуном, і ускладнює подолання

виникаючих при пуску опорів прокручування колінчастого вала двигуна і збільшення числа оборотів;

–низької температури повітря, що надходить у двигун, що призводить до зниження температури кінця стиснення;

–звуження меж займистості робочої суміші;

–збільшення в'язкості палива і погіршення його випаровування при низькій температурі.

Для того щоб уникнути такого результату треба прогріти двигун, але звичайне прогрівання витрачає час який може мати фатальне значення для спеціального автотранспорту. Тому двигун повинен мати майже робочу температуру перед пуском. Є багато способів вирішення цього питання одним з яких являється передпусковий підігрів ДВЗ за рахунок теплового акумулятора. Це сприяє підвищенню ефективності та полегшенню використання ДВЗ та самого автотранспорту у потрібний час.

У зв'язку з цим **метою роботи** є створити експериментальний зразок теплового акумулятора за допомогою якого можна визначити на скільки градусів зростатиме температура охолоджуючої рідини залежно від кількості рідини, її початкової температури, та сталої кількості ТАМа.

**Результати досліджень.** При сучасному розвитку науки теплові акумулятори мають велику різноманітність конструкцій та способів акумуляування теплоти. В даний час відомі три способи, акумуляування теплоти [4]:

1. Акумуляування явної теплоти;
2. Акумуляування прихованої теплоти фазових переходів;
3. Хімічне акумуляування теплоти.

Акумуляування явної теплоти здійснюється за рахунок використання теплоємності твердого або рідкого і теплоакумуляуючого матеріалу (ТАМа) і при його нагріванні. Відсутність процесів спалювання палив, порівняльна простота конструкції, можливість модульного виконання роблять їх привабливими для застосування в якості автономних джерел електричної енергії. Особливостями даного способу акумуляування теплоти є неізотермічний робочого процесу, обумовлена зміною в часі температури теплоносія на виході з теплового акумулятора, і висока, (більше 1500 К) початкова температура ТАМа з метою забезпечення прийнятних масогабаритних показників теплового акумулятора.

Другий спосіб акумуляування теплоти здійснюється за рахунок використання прихованих теплових оборотних фазових перетворень, наприклад, плавлення-кристалізація або випаровування-конденсація. В даний час найбільший практичний інтерес представляють теплові акумулятори фазового переходу плавлення-кристалізація. Фазовий перехід випаровування-конденсація не знайшов практичної реалізації через низьку об'ємної енергоємності газоподібної фази.

Третій спосіб - хімічне акумуляування теплоти - здійснюється за рахунок використання енергії оборотних хімічних реакцій. В цьому випадку теплота трансформується в хімічну енергію. Перевагами хімічного акумуляування теплоти є довгостроковість її зберігання без втрат, здатність відтворення збереженої теплоти, при температурах вище початкової і можливість транспортування продуктів реакції з подальшим вивільненням теплоти в необхідному місці. Теплові акумулятори реалізують даний спосіб акумуляування в основному застосовні в складі енергоустановок невеликої потужності і вимагають ще більш складних конструктивних рішень.

Аналізуючи їх, можна зробити наступні висновки. По-перше, акумуляування прихованої теплоти плавлення дозволяє закласти енергію приблизно на порядок вище, ніж при акумуляуванні явної теплоти. По-друге, значення прихованих теплоти плавлення в 2-4 рази менше прихованих значень теплоти випаровування і в 12-28 разів менше прихованих теплоти розкладання.

Принцип його дії заснований на відомому фізичному явищі – наявності так названої «прихованої» теплоти фазових переходів. Суть ефекту, відомого з фізики середньої школи, така: при нагріванні будь якої речовини, що перебуває у твердому стані, температура її у якийсь момент перестає зростати, незважаючи на триваюче підведення тепла. Теплова енергія в цей час іде на руйнування кристалічних ґраток, у результаті чого тверда речовина перетворюється у рідину. Температура, зафіксована при такому переході, є температурою плавлення. Звичайно, і при охолодженні рідини настає такий момент, коли рідина починає віддавати тепло без зниження температури. При цьому відбувається процес переходу речовини з рідкого в твердий стан.

Температура фазового переходу, так само як і кількість тепла, що поглинається або виділяється при цьому, залежить від речовини і змінюється в широких межах. Тому при використанні цієї теплоти для акумулювання енергії, потрібно почати з вибору матеріалу, що найбільше відповідає поставленим вимогам. Ця речовина повинна мати максимальну питому теплоту плавлення. Крім цього, існують також і додаткові вимоги, пов'язані з автомобільною специфікою: багаторазова відтворюваність фазового переходу, що визначає термін служби робочого тіла, екологічна нешкідливість, пожежна безпека, невисока вартість.

Для вирішення цих задач було спроектовано та побудовано експериментальний зразок теплового акумулятора, за рахунок якого було проведено ряд експериментів пов'язаних не тільки з вибором матеріалу який краще підходить, але і дослідження самого процесу теплопередачі (Рис. 1) яка має наступний схематичний вигляд.

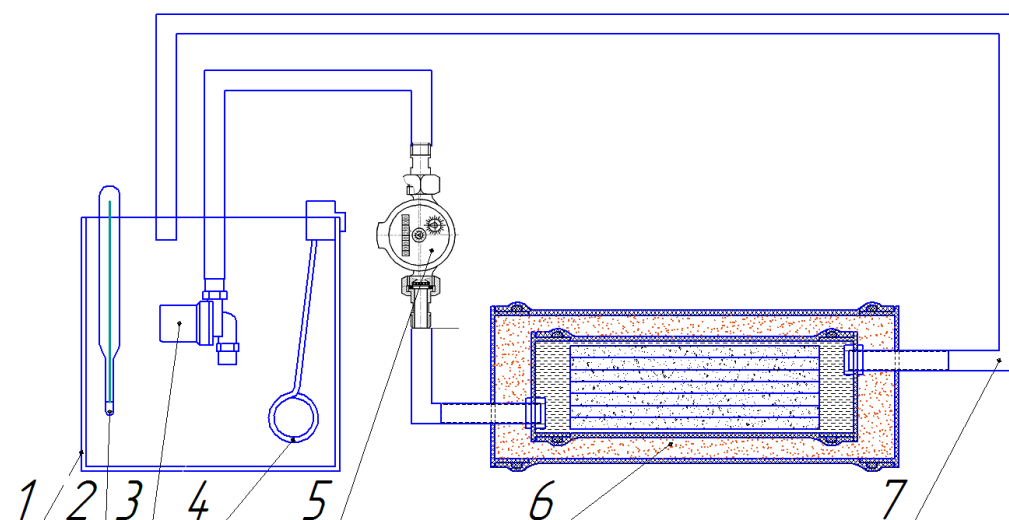


Рис. 1 – Схема експериментальної установки

- 1 – Скляний бак для рідини; 2 – термометр; 3 – електронасос; 4 – електронагрівач води;  
5 – витратомір; 6 – тепловий акумулятор фазового перетворення; 7 – напірний та зливний трубопроводи.

Теплоізоляційний бак 1 виготовляється із органічного скла загальною ємністю 10 л. Вбакі 1 виготовленні спеціальні технологічні отвори, вони необхідні для встановлення: електронагрівача води 2, термометра 8, напірного 6 та відповіднозливного трубопроводу 7. По напірному трубопроводі 6 охолоджуюча рідина прямує до електронасоса 4, який в свою чергу спрямовує рідину до теплоакumuлюючого акумулятора тепла. Зняття показників відбувається за допомогою витратоміра 5, термометра 8, та термопар як знаходяться на вході до теплоакumuлюючого акумулятора тепла 10, та на виході з нього 11.

Процес досліджень здійснюється наступним чином: зарахунок підігріву охолоджуючої рідини за допомогою електро-нагрівача води до необхідної температури, яка складає приблизно 90°C.

Циркуляція рідини через теплоакumuлюючий бак відбувається за рахунок примусової подачі за допомогою рідинного насоса.

В ході проведення експерименту всі характеристики знімаються за допомогою показників, отримані результати враховуються в подальшому при створенні математичної моделі характеристики роботи даного пристосування.

В таблиці 1 наведені характеристики деяких матеріалів, розглянутих в ході досліджень з тепловим акумулятором.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика речовин для використання в якості робочого тіла**

Речовина	Температура плавлення, °С	Густина г/см <sup>3</sup>	Питома теплота плавлення	
			кДж/кг	кДж/л
H <sub>2</sub> O	0	1,00	335,3	333,0
NaOH × H <sub>2</sub> O	65,0	1,72	255,0	446,0
Ba(OH) <sub>2</sub> × 8H <sub>2</sub> O	78,0	2,06	280,0	576,0
Пальмітинова кислота	65,0	0,88	184,5	162,9
Стеаринова кислота	70,1	0,95	200,3	191,0
Парафін	55,0	0,80	187,7	150,3
Нафталін	80,0	1,15	150,3	172,1

Як видно з таблиці, найкращими характеристиками володіє гідроокис барію, який до того ж відповідає і наведеним специфічним вимогам. Тому в подальших дослідках використовувався саме він.

Були проведені дослідження в процесі яких змінювали кількість охолоджуючої рідини її початкова температура, не змінюючи при цьому кількість ТАМа. А саме 3, 4 та 5 літрів охолоджуючої рідини. В процесі розрядки фіксувався час при якому відбувалось повне розрядження ТАФП, та температура рідини після повного розрядження ТАФП. Для підвищення точності отриманих даних та зменшення ймовірності хибного результату кожен з дослідів проводився тричі. В результаті було отримано наступні дані приведені в таблиці2.

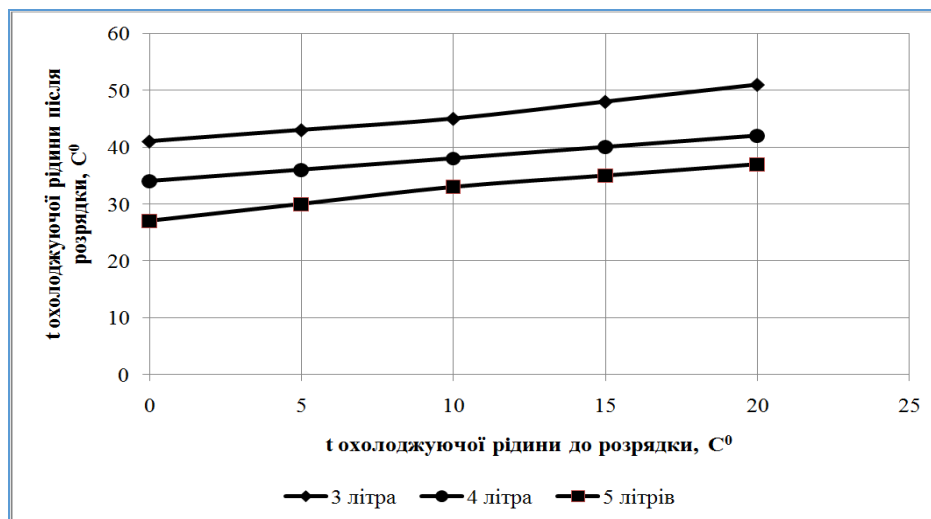
Таблиця 2

**Дані отримані в процесі дослідження**

№ досліду	№ додаткового досліду	Маса ТАМа, грам	t охолоджуючої рідини до розрядки, С <sup>0</sup>	t охолоджуючої рідини після розрядки, С <sup>0</sup>	Об'єм охолоджуючої рідини, л	Час нагріву охолоджуючої рідини, хв
1)	1.	600	15	48	3	2.35
	2.		10	45		2.26
	3.		5	43		2.18
2)	1.	600	15	40	4	2.58
	2.		10	38		2.46
	3.		5	36		2.40
3)	1.	600	15	35	5	3.25
	2.		10	33		3.15
	3.		5	30		3.10

Оперуючи цими даними та провівши екстраполяцію був побудований графік залежностей цих параметрів.

Для трьох, чотирьох та п'яти літрів охолоджуючої рідини графік має наступний вигляд (Рис. 2).



**Рис.2 – Температура охолоджуючої рідини на виході при трьох, чотирьох та п'яти літрах охолоджуючої рідини**

**Висновки.** В результаті атіаналізу існуючої документації було спроектовано та виготовлено експериментальний зразок теплового акумулятора фазового перетворення, для забезпечення процесу експериментальних досліджень. В результаті яких було визначено, що в якості тепло акумуляуючого матеріалу як найкраще підходить октагідрат гідроксиду барія оскільки температура фазового перетворення (плавлення) складає  $t=78\text{ C}^0$ , вона лежить в температурних межах робочої температури охолоджуючої рідини при роботі ДВЗ. Це в свою чергу забезпечує функціонування ТАФП, а саме процес накопичення теплової енергії, а також на скільки градусів зростатиме температура охолоджуючої рідини залежно від кількості рідини, її початкової температури, та сталої кількості ТАМа, а також фіксування часу процесі розрядки при якому відбудеться повне розрядження ТАФП, та температури рідини після його повного розрядження. Для підвищення точності отриманих даних та зменшення ймовірності хибного результату кожен з дослідів проводився тричі. В результаті було отримано графічні залежності зростання температури від початкового значення до кінцевого.

**Література:**

1. І.В. Грицук, Д.С.Адров, В.С. Вербовський, З.І. Краснокутська/ Особливості передпускового прогріву стаціонарного газового двигуна за використанням теплового акумулятора з фазовим переходом/ Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. №.2. С.85–90.
2. І.В. Грицук, Д.С.Адров, В.С. Вербовський, З.І. Краснокутська/ Дослідження системи передпускового розігріву газового двигуна на основі використання теплового акумулятора з теплоакумуляуючим матеріалом, що має фазовий перехід / Двигатели внутреннего сгорания. – 2013. №.1. С. 110–116.
3. І.В. Грицук / Комплексний комбінований прогрів: системний підхід до формування схем забезпечення оптимального температурного стану тз в умовах експлуатації/ ISSN 2079-0066. Вісник НТУ «ХП». – 2015. №.10. С. 95-101.
4. Цыплакова Е.Г./ Снижение экологической опасности автотранспорта при безгаражном хранении в зимнее время года в зоне жилой застройки / Транспортное дело России. – 2013. №.6. С. 53-57.
5. Шульгин В.В./ Теория и практика применения в автотранспортных средствах теплового аккумулятора фазового перехода/ Эксплуатация автомобильного транспорта. - 2004. С. 501.
6. Шульгин В.В., Ложкин В.Н., Барков О.А./ Способы предпусковой подготовки двигателей городских автобусов / Автомобильная промышленность. - 2002. №.1. С.23-25.
7. Аккумуляирование тепла / В.Д.Ладенбург, М.Р.Ткач, В.А.Гольстрем.—Киев: Техника. - 1991. С. 112.
8. Булычев В.В.; Челноков В.С. Накопители тепла с фазовым переходом / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 1996. №.7. С.64-67.
9. Адлер Ю.П./ Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/ П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука. - 1976. С. 280.
10. Богословский В.Н., Лихтенштейн Э.Л., Насыпов Р.Р./ Расчет аккумуляторов-тепла с фазовым переходом в элементах канонической формы / Известия высших учебных заведений! Строительство и архитект. - 1985. №.12.-С. 78-831.
11. Гулин С.Д., Шульгин В.В., Яковлев С.А./ Математическая модель процесса сохранения накопленной-теплоты двигателя внутреннего сгорания в тепловом аккумуляторе / Известия высших учебных заведений. Строительство. - 1999. №.1. С.123-126.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2016