

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

УДК 667.021.1

[https://doi.org/ 10.35546/kntu2078-4481.2019.4.1](https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2019.4.1)

О.О. КЛЮЄВА

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0001-8822-7792

С.А. РУСАНОВ

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0002-1003-4867

І.А. ШАТОХІНА

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0002-5767-3674

І.А. СЕЛІВЕРСТОВ

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0002-6886-4820

Б.М. МАЦКІВ

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0003-3463-8259**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕДПУСКОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДВИГУНА НА СТЕНДІ**

Установка теплоаккумулятора (ТА) на автомобіль дає змогу зменшити час прогріву двигуна. У даній роботі розглянуто стендові випробування теплоаккумуляційного обладнання для полегшення пуску автомобіля. Окрім того, використання теплоаккумулятора на автомобілі дозволяє зменшити кількість викиду шкідливих речовин у навколишнє середовище за рахунок прогріву двигуна до експлуатаційної температури.

В ході проведення експерименту були систематизовані і оброблені дані - методи накопичення тепла і віддачі теплоти теплоаккумуляційними матеріалами для різних типів теплоаккумуляторів. Проведені експерименти на експериментальній установці (стенді) для визначення впливу параметрів теплоакмулюючого матеріалу (теплоємності, теплоти фазового переходу) на роботу теплоаккумулятора на стенді. В якості теплоакмулюючого матеріалу використовувався озокерит.

Отримано експериментальні залежності на стенді для випробування ТА без циркуляції та з наявністю примусової циркуляції охолоджуючої рідини. Розраховано кількість теплоти, що віддається теплоакмулюючою речовиною охолоджувальної рідини без примусової циркуляції рідини та з нею в системі охолодження. За результатами експерименту було визначено, що необхідно встановити додаткову зовнішню теплоізоляцію через те, що є велика втрата тепла в навколишнє середовище. Крім цього були додатково встановлені U-подібні трубки, що сприяло покращення процесу відбору тепла від теплоаккумуляційного матеріалу.

Отримано різні значення температур, які відображаються на графіку залежності зміни температури при охолодженні ТА від часу. Також були проведені дослідження при сталому русі теплоносія. Встановлено, що після застосування теплоізоляції швидкість нагріву охолоджуючої рідини збільшується. В результаті експерименту була отримана експоненціальна залежність прогріву, що підтверджується результатами моделювання системи.

Ключові слова: теплоакмулюючий матеріал, системи передпускової підготовки двигунів, охолоджуюча рідина, тепловий баланс.

О.О. КЛЮЕВА
Херсонский национальный технический университет
ORCID: 0000-0001-8822-7792
С.А. РУСАНОВ
Херсонский национальный технический университет
ORCID: 0000-0002-1003-4867
І.А. ШАТОХІНА
Херсонский национальный технический университет
ORCID: 0000-0002-5767-3674
И.А. СЕЛИВЕРСТОВ
Херсонский национальный технический университет
ORCID: 0000-0002-6886-4820
Б.Н. МАЦКІВ
Херсонский национальный технический университет
ORCID: 0000-0003-3463-8259

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ ПРЕДПУСКОВОЙ ПОДГОТОВКИ ДВИГАТЕЛЯ НА СТЕНДЕ

Установка теплоаккумулятора на автомобиль дает возможность уменьшить время прогрева двигателя. В данной работе рассмотрены стендовые испытания теплоаккумуляционного оборудования для облегчения пуска автомобиля. Кроме того, использование теплоаккумулятора на автомобиле позволяет уменьшить количество выбросов вредных веществ в окружающую среду за счет прогрева двигателя до эксплуатационной температуры.

В ходе проведения эксперимента были систематизированы и обработаны данные - методы накопления тепла и отдачи теплоты теплоаккумуляционными материалами для разных типов теплоаккумуляторов. Проведенные эксперименты на экспериментальной установке (стенде) для определения влияния параметров теплоаккумулирующего материала (теплоемкости, теплоты фазового перехода) на работу теплоаккумулятора на стенде. В качестве теплоаккумулирующего материала использовался озокерит.

Получены экспериментальные зависимости на стенде для испытания ТА без циркуляции и с наличием принудительной циркуляции. Произведены расчеты количество теплоты, которая отдается теплоаккумулирующим веществом охлаждающей жидкости без принудительной циркуляции жидкости и с ней в системе охлаждения. По результатам эксперимента было определена необходимость в установке дополнительной наружной теплоизоляции по причине большой потери тепла в окружающую среду. Кроме этого были дополнительно установлены U-образные трубки, что способствовало улучшению отбора тепла от ТАМ.

Получены разные значения температур, которые отображаются на графике зависимости изменения температуры при охлаждении ТА от времени. Также были проведены исследования при установившемся движении теплоносителя (был использован насос). Произведен анализ полученных данных и установлено, что после применения теплоизоляции скорость нагрева охлаждающей жидкости увеличивается. В результате эксперимента была получена экспоненциальная зависимость прогрева, что подтверждается результатами моделирования системы.

Ключевые слова: теплоаккумулирующий материал, системы предпусковой подготовки двигателей, охлаждающая жидкость, тепловой баланс.

O.O. KLIUIEVA
Kherson National Technical University
ORCID: 0000-0001-8822-7792
S.A. RUSANOV
Kherson National Technical University
ORCID: 0000-0002-1003-4867
I.A. SHATOKHINA
Kherson National Technical University
ORCID: 0000-0002-5767-3674
I.A. SELIVERSTOV
Kherson National Technical University
ORCID: 0000-0002-6886-4820
B.N. MATSKIV
Kherson National Technical University
ORCID: 0000-0003-3463-8259

EXPERIMENTAL TESTS OF THE PRE-STARTING ENGINE PREPARATION SYSTEM ON THE TEST BENCH

Installing a heat accumulator on a car allows reducing the engine warming-up time. The test bench tests of the heat accumulator for relieving of motor starting are considered. The uses of a heat accumulator on a car make it possible to reduce the amount of harmful substances into the environment by warming the engine to the operating temperature.

During the experiment, data of the methods of heat accumulation and output of heat storage materials by various types of heat accumulators were systematized and processed. The experiments on the experimental installation (on the test bench) on determination of the effect of the conditions of the heat storage material (heat capacity, heat of phase change) on the work of heat accumulator on the test bench have been conducted. Ozokerite was used as a heat storage material.

The experimental dependences on the test bench for testing of the heat accumulator have been obtained (without and with using cooling-liquid circulation). Calculations of the quantity of heat that is given by the heat-accumulating substance of the cooling liquid have been carried out (without forced circulation and with of the liquid in the cooling system). According to the results of the experiment, the need for the installation of additional external thermal insulation due to the large heat losses into the environment was determined. U-shaped tubes contributed to the improvement of heat outputting from heat storage materials were additionally installed.

Different temperature values are displayed on the graph of the change dependency of the temperature (during cooling of the heat accumulator) with time have been obtained. Researching at the same time steady-state motion of the heat conductor have been conducted (a pump was used).

The analysis of the obtained data has been carried out. It was found that after applying thermal insulation, the heating rate of the cooling liquid increases. As a result of the experiment, an exponential dependence of heating has been obtained. The simulated results have been confirmed it.

Keywords: heat storage material, engine pre-treatment systems, coolant, heat balance.

Постановка проблеми

Під час використання автомобільного транспорту при низьких температурах навколишнього середовища зазвичай у автомобілістів виникають труднощі з пуском двигуна на початку експлуатації при зберіганні автомобіля тривалий час на відкритому просторі. Це, в свою чергу, викликає необхідність у створенні різних видів систем передпускової підготовки ДВС. Якщо встановити акумулятор тепла (ТА), то можливо накопичувати теплоту, яка зазвичай втрачається у навколишнє середовище. При роботі ДВС, енергія, що використовується, може бути акумуляована та використана для полегшення чергового пуску автомобіля [1]. Зазвичай, під час створення систем передпускової підготовки, саме теплове акумуляування є однією з головних задач. Окрім того, акумуляована теплота може бути застосована не тільки для прогріву двигуна але й для прогріву простору у салоні автомобіля [2]. Вказані засоби напряму впливають на екологічне питання, яке стосується зменшення кількості шкідливих викидів, завдяки попередньо прогрітому ДВС.

Перспективним є використанням теплоакумуючих матеріалів (ТАМ) які найбільш ефективно віддають енергію при фазовому переході (тверде тіло – рідина). Так, окремо постає питання стосовно вибору оптимального ТАМ для забезпечення необхідних параметрів на основі багатокомпонентних систем. Основні переваги ТА на основі фазового переходу є постійна робоча температура, висока теплова місткість й низький тиск. На даний момент розроблено і використовується різні види теплових

аккумуляторів. В даній роботі розглядається експериментальні дослідження, які показують якість роботи авторської конструкції теплового аккумулятора [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наразі існують наступні ТА з фазовим переходом: капсульні; кожухотрубні, а також зі скребковим видаленням ТАМ, видаленням ТАМ ультразвуком; з прокачуванням й прямим контактом ТАМ; випарно-конвективним типом переносом тепла. ТА капсульного типу з одного боку відрізняються не лише високою надійністю конструкції й ефективністю, а й дають змогу створювати таку поверхню теплообміну. Недоліком є те, що через низьку теплопровідність ТАМ, що використовуються в капсульному теплоаккумуляторі, необхідна велика кількість капсул малого розміру. При виготовленні капсульних ТА витрачається багато матеріалу. Застосування теплообмінників такого типу виправдано лише при невеликих теплових потоках через поверхню теплообміну.

Вказаних недоліків позбавлені ТА на основі теплообмінників кожухотрубчастого типу. У міжтрубному просторі кожухотрубного теплообмінника можуть використовуватися різні типи ТАМ. Використання неагресивних ТАМ дає змогу традиційного способу виготовлення кожухотрубних теплообмінників. Кожухотрубні теплообмінники характеризуються стійкістю до гідродарів, зниженими вимогами до чистоти середовищ. Всі ці параметри задовольняють застосування цих теплообмінників як теплоаккумуляторів в автомобілі.

В нашому випадку на автомобіль був встановлений теплоаккумулятор у вигляді кожухотрубного теплообмінника з U-образними трубками, які занурені у ТАМ. Надлишкове тепло, яке зазвичай віддається навколишньому середовищу при охолодженні двигуна акумулюється й забезпечує процес зарядки теплоаккумулятора.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи було дослідження властивостей теплоаккумулятора під час випробування на стенді. Окрім цього, досліджувався вплив ТАМ на властивості теплоаккумулятора (ефективність віддачі тепла теплоакмулюючого матеріалу охолоджуючій рідини) та наведені попередні експериментальні дослідження теплоаккумулятору за патентом [3].

Викладення основного матеріалу дослідження

Під час створення теплоаккумулятора необхідно враховувати наступні параметри: розміри системи, рівень температур та тривалість акумулювання тепла.

В залежності від розмірів систем теплоаккумулятори можуть бути розподілені на дрібномасштабні та великомасштабні. За температурою акумулювання ТА діляться на три групи: низькотемпературні ($35^{\circ}\text{C} < t < 100^{\circ}\text{C}$); середньотемпературні ($100^{\circ}\text{C} < t < 500^{\circ}\text{C}$); високотемпературні ($t > 500^{\circ}\text{C}$). Також ТА поділяються за часом зберігання теплоти. В нашому випадку для автомобільного транспорту це теплоаккумулятори короткострокової дії (1-2 діб). Враховуючи наведені вище параметри обирають ТАМ і визначають вимоги до конструктивних особливостей ТА [4].

Також необхідно відзначити залежність температури акумулювання й часу витрати тепла. Для запобігання втрати великої кількості теплоти необхідно створювати додатковий шар теплоізоляційного матеріалу навколо ТА — це дає змогу тривалий час зберігати накопичену енергію в теплоаккумуляторі.

В залежності від класу матеріалу, циклічності роботи та методу накопичення та віддачі тепла ТАМ можливо класифікувати наступним чином [4] (Рис. 1):

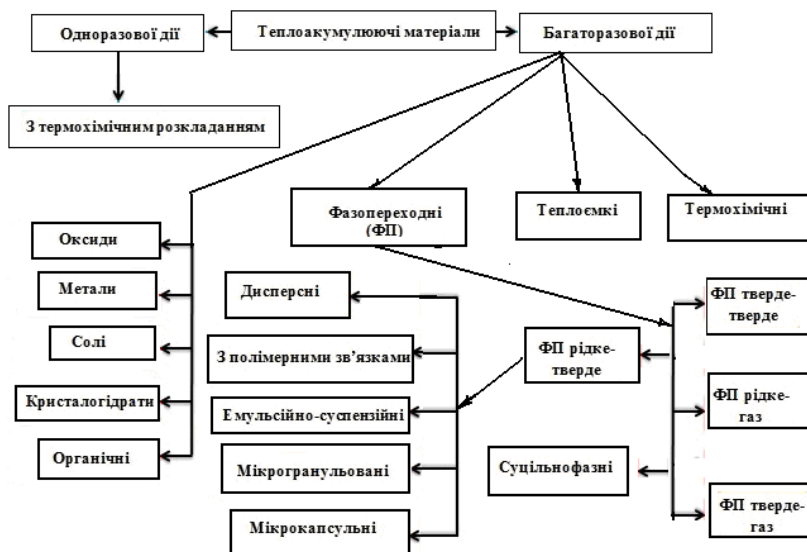


Рис. 1. Класифікація ТАМ

При розробці акумулюючої системи велике значення має вибір ТАМ. Тому вирішення питання стосовно оптимізації характеристик ТАМ залишається одним з головних завдань при створенні подібних систем.

Шляхом зміни температури матеріалу без його фазового або хімічного перетворення здійснюється зберігання за рахунок теплоємності. При зміні фази в якості корисної теплоти використовується додатково теплота фазового переходу.

Розрахунок параметрів системи

Теплоємнісні ТА. В рідкому стані теплоємність найчастіше має більш значну роль в акумулюванні, а експериментальні дані стосовно теплоємності рідких сумішей майже відсутні. Тому найбільш необхідними будуть навіть приблизні значення стосовно рідкої фази. Задовільні значення теплоємності, за відсутності експериментальних даних, отримують часто із наступних формул [5]:

$$c_p^{жс} = \frac{\Delta H_{кип}}{T_{кип}} + 16,76m - 90, \quad (1)$$

$$\frac{1}{2 - \exp\left(0,237 \frac{\ln M}{M^{0,265}}\right)} - T_{кип}$$

де M – молекулярна маса;
 m – число атомів в молекулі ТАМ.

За умови повної відсутності експериментальної інформації про теплофізичні характеристики з'єднань оцінка їх теплоємності в рідкому стані проводиться методом Немана-Коппа [5]:

$$C_p^{жс}(A_a B_b \dots Z_z) = a C_p^{жс}(A) + b C_p^{жс}(B) + \dots + z C_p^{жс}(Z), \quad (2)$$

де $C_p^{жс}(A), \dots, C_p^{жс}(Z)$ – довідникові дані $C_p^{жс}$ для атомів A, B, \dots, Z , що звичайно знижує точність описання ТА.

Теплоємність для більшої кількості речовин в рідкій фазі між температурами плавлення й кипіння залишається майже постійною. Матеріали, що підходять на роль ТАМ, мають бути стабільними в робочому діапазоні температур не змінюючи при цьому своєї теплоємності, та мати високу теплопровідність з можливістю додавання або відводу від них тепла. В порівнянні з теплоємнісними ТАМ з більш високою питомою теплоакumuлюючою здатністю виділяють ТАМ на основі фазового переходу.

ТА фазового переходу. Як відомо, на основі теплового балансу для поверхні розділу фаз звичайно використовується умова Стефана [6]:

$$\rho_{ме} q_n \frac{\partial s_n}{\partial \tau} = \lambda_p \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{n \rightarrow +0} - \lambda_{ме} \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{n \rightarrow -0}, \quad (3)$$

де n – нормаль до поверхності;
 τ – час, λ_p і $\lambda_{ме}$ – коефіцієнти теплопровідності (рідка - тверда фази відповідно);
 s_n – переміщення границі розділу фаз у напрямку нормалі;
 q_n – прихована теплота плавлення;
 T – температура.

У переважній більшості задач використовується умова сталості температури на міжфазній границі. При моделюванні процесів плавлення-заморожування робочого тіла потрібно використовувати методи ефективної теплоємності [6] без виділення положення границь фазового переходу, з розрахунком конвективного теплопереносу в розплаві:

$$c_{еф} \rho \left(\frac{\partial T}{\partial \tau} + v \nabla T \right) = \nabla (\lambda_{еф} \nabla T) + q, \quad (4)$$

де $c_{еф}$, $\lambda_{еф}$ – ефективні значення теплоємності й теплопровідності (вони враховують теплоту плавлення в задачі Стефана) [6] й наявність конвективного теплопереносу;
 q – потужність внутрішніх джерел тепла (за умови наявності);
 v – поле швидкостей (конвективні струми).

Ефективна теплоємність містить у собі дельта-функцію і використовується для розрахунку фазового переходу й виглядає наступним чином:

$$c_{ef} = c(T) + q_n \delta(T - T^*), \quad (5)$$

де T^* – температура фазового переходу.

При чисельній реалізації в кінцевому інтервалі температур ΔT для точки фазового переходу другий доданок може бути замінений вираженням $q_n/\Delta T$.

Існують ТАМ, які мають розмиті границі фазового переходу (тверде тіло – рідина). Зазвичай через те, що температурний інтервал фазових переходів розтягується на десятки градусів, використовується температурна залежність питомої теплоємності $c=c(T)$. Температурна залежність питомої теплоємності має від одного і більше піків й область фазового переходу має вигляд шару [7].

Дослідження роботи експериментальної установки

Принцип роботи теплоакумулятора базується на використанні теплоємності акумулюючого матеріалу (озокерит, парафіни, октогідрати) та теплоти фазового переходу.

Дослід без циркуляції.

Схема роботи теплоакумулятора в системі стенда вказана на рис. 2.

Для нагрівання ТА використовується електронагрівач 5, в даному випадку це ТЕН потужністю 1,5 кВт. Слід зазначити, що проведення експерименту є можливим лише після того, як температура ТАМ перевищить 80°C (фазовий перехід). З резервуару 1, наповненого холодною рідиною, після відкриття крана 2 через трубопровід 3, що з'єднує теплоакумулятор з резервуаром, рідина, проходячи через ТА 4 нагрівається, і, в подальшому, через трубопровід 6, оснащений датчиками для вимірювання температури t_2 , t_3 потрапляє у резервуар 7, що є кінцевою точкою системи.

Послідовність проведення досліду наступна: холодна рідина, в даному випадку тосол, з температурою $t_{oc}=5^\circ\text{C}$, що відповідає температурі оточуючого середовища, під дією гравітації рухалась через трубний простір в середині теплоакумулятора, нагрівалась за рахунок тепла, що накопичилось в ТАМ. На початку експерименту температура в теплоакумуляторі була постійною і дорівнювала $t_{там}=80^\circ\text{C}$ за рахунок термостату, що міститься на електронагрівачі.

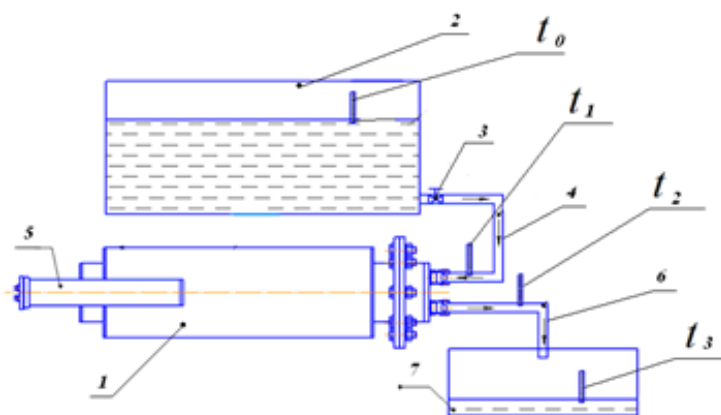


Рис. 2. Схема стенду для випробування ТА без циркуляції
1 – теплоакумулятор; 2 – смінь з рідиною; 3 – кран; 4, 6 – трубопроводи;
5 – електричний нагрівач; 7 – смінь з нагрітою рідиною

Розрахунок кількості теплоти, що за один прохід передається від ТАМ до рідини здійснюється за формулою [5]:

$$Q = c_p \cdot G_p \cdot (t_2 - t_1), \quad (7)$$

де c_p – теплоємність речовини;
 G_p – масова витрата рідини.

$$G_p = V \cdot \rho,$$

де V – об'ємна витрата;
 ρ – густина.

Таким чином, для експерименту, що описується:

$$V = \frac{300 \text{ мл}}{35 \text{ с}} = 0,00000857 \text{ м}^3 / \text{с},$$

$$G_p = 0,00000857 \cdot 1000 = 0,00857 \text{ кг} / \text{с},$$

$$Q = 4200 \cdot 0,00857(23 - 5) = 647,89 \text{ Вт}$$

Втрачена в навколишнє середовище кількість теплоти дорівнює [5]:

$$Q_{o.c.} = \alpha(t_4 - t_{o.c.})F, \quad (8)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі у навколишнє середовище, $\alpha=10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,
 F – площа поверхні кожуха теплообмінника, м^2 .

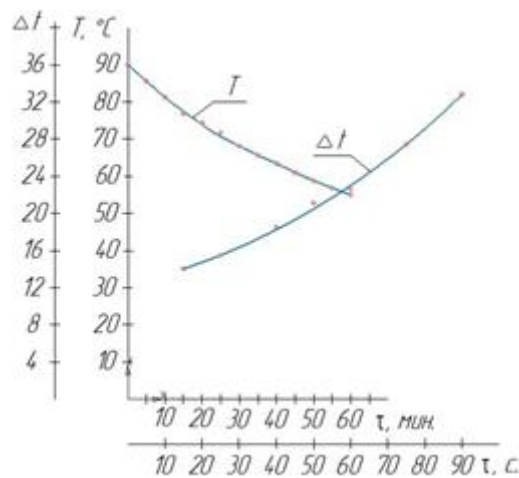
$$F = \pi D \cdot l = 3,14 \cdot 0,17 \cdot 0,6 = 0,32 \text{ м}^2,$$

$$Q_{o.c.} = 10 \cdot (89 - 5) \cdot 0,32 = 268,8 \text{ Дж}.$$

За результатами розрахунків слід відзначити необхідність у встановленні додаткової зовнішньої теплоізоляції.

Набір значень температур рідини на виході отриманих в результаті експерименту зображений на графіку (рис.3 – залежність Δt від часу).

Можемо зробити висновок, що за результатами проведених досліджень, об'єм рідини 300 мл має нагрів на 15°C за 0,5 хвилини. Через кожну трубку U-образного теплообмінника проходить літр охолоджуючої рідини, в нашому випадку — води. Так як в теплообміннику 3 трубки, то орієнтовно нагрів рідини на 15°C буде здійснений за 1,5 хвилини. Об'єм малого кола системи охолодження експериментальної установки вміщує 3 літра. Таким чином, нагрів на 15°C охолоджуючої рідини об'ємом 3 літри теж здійснюється за 1,5 хвилини.



**Рис. 3. Δt – залежність різниці температур від часу;
 T – зміна температури при охолодженні від часу**

Температура навколишнього середовища 5°C , а температура нагрівачого елемента 90°C . Час повного фазового переходу залежить від різниці цих температур і коливається від однієї до півтори години. Охолодження ТАМ без теплоізоляції зображено на графіку (рис.3, залежність T від часу).

Дослід з циркуляцією

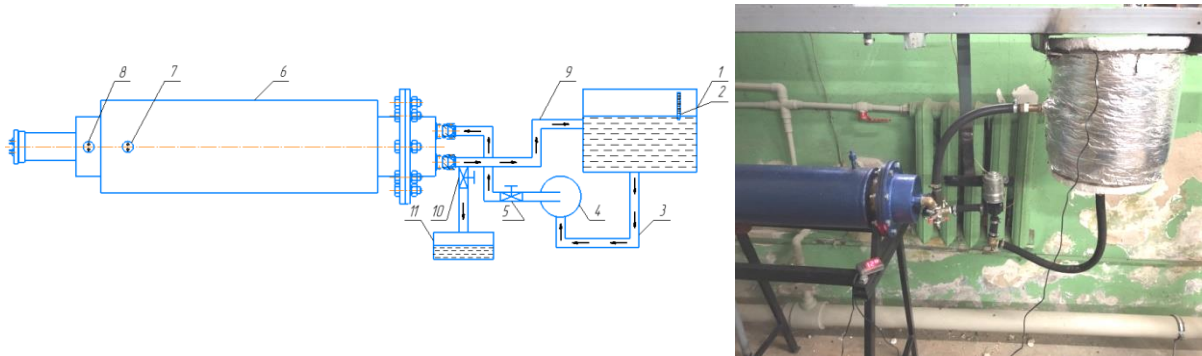


Рис. 4. Схема стенду для випробування ТА з циркуляцією
1 – резервуар з циркулюючою рідиною; 2 – термометр; 3,9 – трубопроводи;
4 – насос; 5 – кран регулювання течії; 6 – теплоаккумулятор;
7 – термометр для визначення температури озокериту;
8 – термометр для визначення температури води;
10 – кран для вимірювання течії;
11 – резервуар для вимірювання течії

Першим етапом експерименту стало встановлення постійної течії. Це є необхідною умовою, для того, щоб визначити скільки циклів необхідно для проходження всієї робочої рідини через трубки теплоаккумулятора за весь час експерименту. Далі після замкнення системи рідина циркулює до того моменту, поки температура рідини перестає зростати. Після забезпечення повної термоізоляції резервуару був проведений ряд експериментів в результаті якого були отримані дані прогріву (рис. 4).

Аналізуючи отримані дані можна відзначити, що після встановлення теплоізоляції прогрів робочої рідини пришвидшився. Експеримент показує класичну експоненціальну залежність для прогріву та результати дослідів добре узгоджуються з раніше отриманими модельними результатами [8].

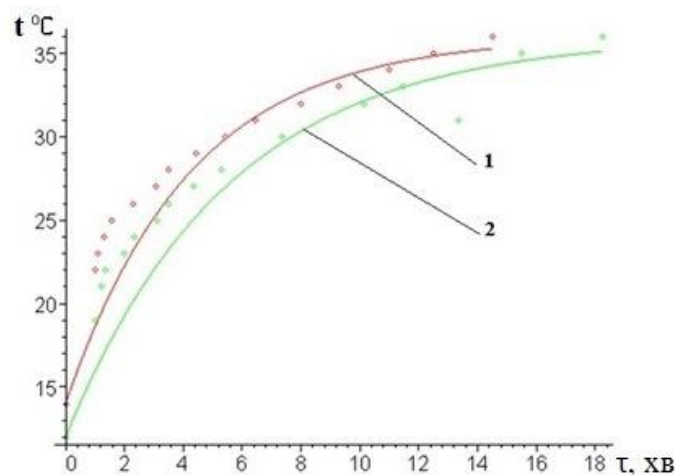


Рис. 5. Графік залежності температури від час з утепленням резервуару

Висновки

Проведено низку експериментальних стендових досліджень теплоаккумулятора для полегшення пуску ДВЗ. За результатами експериментального випробування теплоаккумулятора передпускової підготовки на стенді були визначені оптимальні параметри для ТА та встановлений час, за який теплоаккумулятор віддає теплоохолоджуючій рідині. За час проведення експериментальної частини були внесені зміни в конструкцію теплоаккумулятора, а саме: збільшена кількість трубок з однієї до трьох, створена та виготовлена змішувальна камера, що використовується для подачі робочої рідини в кожен з трубок.

Список використаної літератури

1. Belik S. Thermal Energy Storage Systems: Power-to-Heat Concepts in Solid Media Storage for High Storage Densities / Sergej Belik, Volker Dreißigacker, Mila Dieterich and Werner Kraft //Journal of Traffic and Transportation Engineering 5, 2017. - pp. 285-294. <https://doi.org/10.17265/2328-2142/2017.06.001>
2. Wang M. Integration and Validation of a Thermal Energy Storage System for Electric Vehicle Cabin Heating / Mingyu Wang, Timothy Craig, and Edward Wolfe //Journal Volume, Detroit, Michigan, United States of America, Conference, 2017. – pp. 2-8. <https://doi.org/10.4271/2017-01-0183>
3. Ключев О.И., Русанов С.А., Аппазов Е.С., Луныка К.В., Коновалов Д.В., Мацків Б.М. Тепловий акумулятор системи передпускового прогріву двигуна внутрішнього згорання. Патент на корисну модель № 137780 від 11.11.2019. Бюл. № 21.
4. Бекман Г. Тепловое аккумулярование энергии: Пер. с англ. / Г. Бекман, П. Гили – М.: Мир, 1987. – 272 с.
5. Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 486 с.
6. Егоров Б.Н., Исследование теплофизических свойств кристаллогидратов применительно к задачам теплоаккумуляции / Б.Н. Егоров, М.П. Ревякин, Н.Н. Трохинин, С.Н. Трушевский, Т.М. Федорова // Гелиотехника, 1979. – № 3. – С. 61-64.
7. Кнунянц И.Л. и др. Химическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1992. – Т. 3. – 639 с.
8. Аппазов Э.С. Стенд для контроля характеристик теплоаккумуляторов двигателей внутреннего сгорания наземного автотранспорта / Э.С. Аппазов, С.А. Русанов, О.И. Ключев, А.С. Костерный // Вісник Хмельницького національного університету, 2016. – № 4. – С. 47-50.

References

1. Sergej Belik, Volker Dreißigacker, Mila Dieterich and Werner Kraft. Thermal Energy Storage Systems: Power-to-Heat Concepts in Solid Media Storage for High Storage Densities. Journal of Traffic and Transportation Engineering 5, 2017, pp. 285-294. <https://doi.org/10.17265/2328-2142/2017.06.001>
2. Mingyu Wang, Timothy Craig, and Edward Wolfe. Integration and Validation of a Thermal Energy Storage System for Electric Vehicle Cabin Heating, Journal Volume, Detroit, Michigan, United States of America, Conference, 2017, pp. 2-8. <https://doi.org/10.4271/2017-01-0183>
3. Kliuiev O.I., Rusanov S.A., Appazov E.S., Luniaka K.V., Konovalov D.V., Matskiv B.M. Teplovyi akumuljator systemy peredpuskovoho prohriwu dvyhuna vnutrishnoho zghorannia [The internal battery of the internal combustion engine pre-heat system battery]. Utility model patent № 137780, 11.11.2019. Bull. № 21.
4. Bekman G., Gili P. Teplovoe akumulirovanie energii [Thermal energy storage]. Moscow, 1987, 272 p.
5. Isachenko V.P., Osipova V.A., Sukomel A.S. Teploperedacha [Heat transfer]. Moscow, Energoizdat, 1981, 486 p.
6. B.N. Egorov, M.P. Revyakin, N.N. Trohinin, S.N. Trushevskij, T.M. Fedorova. Issledovanie teplofizicheskikh svojstv kristallogidratov primenitelno k zadacham teploakkumulirovaniya [Investigation of the thermophysical properties of crystalline hydrates as applied to heat storage problems]. Geliotekhnika, 1979, № 3, pp. 61-64.
7. Knunyanc I.L. i dr. Himicheskaya enciklopediya [Chemical encyclopedia]. Moscow, Sovetskaya enciklopediya, 1992, T. 3, pp. 446, 207, 639 p.
8. Appazov E.S., Rusanov S.A., Klyuev O.I., Kosternyj A.S. Stend dlya kontrolya harakteristik teploakkumuljatorov dvigatelej vnutrennego sgoraniya nazemnogo avtotransporta [Stand for monitoring the characteristics of heat accumulators of internal combustion engines of land vehicles]. Bulletin of Khmelnytsky National University, 2016, № 4, pp. 47-50.