

УДК 629.06  
UDC 629.06

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ  
ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Лук'яненко О. Ю., кандидат технічних наук, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Лук'яненко Ю. О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

METHODOLOGICAL ASPECTS OF HEAT ACCUMULATORS' USING  
FOR THERMAL PREPARATION OF VEHICLE ENGINES

Lukyanchenko O. Y., Ph.D., Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Lukyanchenko Y. O., postgraduate, National Transport University, Kyiv, Ukraine

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ  
ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Лукьянченко А.Ю., кандидат технических наук, Черкасский государственный технологический университет, Черкассы, Украина

Лукьянченко Ю.А., аспирант, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

**Вступ.** На сучасному етапі одним із пріоритетних напрямків розвитку всіх галузей вітчизняної економіки є створення енергоефективних технологій, що дозволяють раціонально витратити енергетичні ресурси. Повною мірою це відноситься і до автомобільного транспорту. У зв'язку із цим найбільш раціональним підходом до вирішення питань енергоефективності, є використання, теплоти відпрацьованих газів, і охолоджувальної рідини двигуна без застосування будь-яких зовнішніх джерел енергії.

**Актуальність задачі.** Задача теплової підготовки автомобільного двигуна до пуску та подальшого використання для забезпечення транспортного процесу є складною та багатоплановою, дослідження якої, незважаючи на багаторічний досвід, як і раніше актуально. Це пов'язано з тим, що агрегати автомобіля (зокрема двигун) починають функціонувати після тривалої стоянки при температурі, що дорівнює температурі навколишнього середовища, а, відповідно, далекій від оптимальної. При цьому, незважаючи на той факт, що при розробці сучасних автомобільних двигунів використовуються конструкційні матеріали, які підвищують довговічність деталей двигуна, а застосування відповідних експлуатаційних матеріалів дозволяє здійснити надійний запуск навіть в умовах наднизьких температур, відсутність етапу до- або післяпускової теплової підготовки двигуна на початковій стадії використання автомобіля призводить до ряду негативних наслідків, пов'язаних із зниженням потужнісних показників, підвищеною інтенсивністю зношування, погіршенням економічності та екологічної безпеки транспортного засобу.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Вирішенню зазначеної задачі присвячено багато фундаментальних праць як вітчизняних, так і закордонних вчених: Д.П. Великанова, О.С. Денисова, Г.В. Крамаренка, Р.В. Кугеля, Г.С. Лосавіо, Р. Нейдля, Л.Г. Резника, І. В. Грицука, Гутаревича Ю.Ф., Д. С. Адрова, І.О. Вашуркіна, І.О. Косенкова, Ю.А. Кулікова, В.В. Шульгіна тощо. Зокрема досліджувались негативні наслідки від роботи двигуна при неоптимальних температурах, запропоновані та впроваджені різноманітні способи та засоби безгаражного зберігання автомобілів, накопичено багатий досвід в здійсненні процесу післяпускового прогрівання двигуна, розроблені теоретичні засади та конструкції засобів утилізації (акумуляування) теплової енергії, ведуться роботи по впровадженню єдиного системного підходу та інформаційного забезпечення в процесі створення та застосування теплоакумуючих пристроїв. Однак аналіз різних літературних джерел та нормативної документації свідчить про недостатній рівень єдиного термінологічного та методологічного забезпечення в процесах, що пов'язані з тепловою підготовкою двигуна. Наприклад, у літературі широко застосовуються такі терміни, як «підігрів», «прогрів», «розігрів», «обігрів», у які різні автори вкладають різний зміст. Крім того, існує кілька класифікацій технічних пристроїв, що полегшують пуск машин у зимовий період, з використанням тих же термінів. Тому дослідження аспектів теплової підготовки автомобільного двигуна, зокрема з використанням пристроїв

акумуляції теплової енергії, потрібно продовжувати в напрямку розробки єдиної теорії їх застосування.

**Метою статті** є визначення критеріїв та розробка підходів до створення раціональних систем теплової підготовки двигунів автотранспортних засобів із використанням принципів утилізації теплової енергії.

**Результати досліджень.** Температура повітря, що навіть у теплий період року суттєво нижча за оптимальну робочу температуру двигуна, негативно впливає на транспортні засоби при його міжзмінному зберіганні (в перервах між використанням за призначенням). Загальний перелік негативних наслідків, що стосуються працездатності та довговічності деталей двигуна; часових, економічних та енергетичних втрат на передпускову підготовку та прогрівання двигуна; екологічні та ергономічні фактори, фактично може бути представлений у вигляді показників, що характеризують якість міжзмінного зберігання рухомого складу автомобільного транспорту (табл. 1) [2].

Таблиця 1 – Окремі показники  $d_i$  якості міжзмінного зберігання

$i$	Позначення	Окремий показник
1	$\alpha(t)$	Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію
2	$\tau(t)$	Час, затрачуваний на підготовку автомобілів до виїзду на лінію
3	$L(t)$	Пускове спрацювання двигунів, виражене еквівалентним пробігом
4	$Q(t)$	Витрати пального на прогрівання двигуна на холостому ходу
5	$V(t)$	Об'єм повітря, забрудненого шкідливими компонентами відпрацьованих газів, приведених до рівня гранично припустимої концентрації
6	$W(t)$	Енергозатрати водіїв на підготовку автомобілів до виїзду
7	$\Delta T$	Відхилення наведеної температури повітря в зоні зберігання від значення, що відповідає комфортним умовам

Відповідно, частина цих негативних явищ породжується безпосередньо низькою температурою повітря (наприклад, підвищене пускове та післяпускове спрацювання), інша ж частина – заходами щодо протидії впливу низької температури (наприклад, підвищене забруднення атмосфери).

Взагалі, аналізуючи існуючі методи запобігання негативному впливу низької температури на агрегати автомобіля на початку його функціонування після тривалої стоянки, можна зробити висновок про те, що поряд із суто технічними, вони повинні вирішувати й соціально-екологічні задачі. Тому, декомпозицію цілей теплової підготовки двигуна, як категорії способів досягнення мети можна представити у наступному вигляді (рис. 1):



Рисунок 1 – Декомпозиція (дерево) цілей теплової підготовки двигуна

Виділення соціально-екологічної складової в дереві цілей теплової підготовки двигуна дозволяє змінити погляди на критерії застосування тих чи інших способів і засобів зазначеного процесу. Тому важливим питанням залишається обґрунтований вибір засобу передпускової теплової підготовки для конкретного двигуна й визначення раціональних умов його використання. Через брак конкретних критеріальних підходів і, відповідно, обґрунтованих рекомендацій, суб'єктивно пропонують і застосовують найрізноманітніші засоби, найчастіше, недостатньо ефективні. Накопичений досвід експлуатації автотранспортних засобів, апріорний і факторний аналіз, а також експертні оцінки вагомості тих чи інших показників, на погіршення яких впливає низький температурний стан автомобільного двигуна призвели до зміщення акцентів в бік забезпечення реалізації технічних цілей і, в першу чергу, зменшення пускових спрацювань автомобільних двигунів.

Такий підхід безумовно важливий, тому що вирішення цих проблем відкриває нові можливості й дозволяє виявити резерви підвищення довговічності двигунів, насамперед, шляхом раціонального використання засобів передпускової теплової підготовки двигуна. Багато авторів розцінюють спрацювання в процесі холостого пуску, прогріву й зупинок двигуна як найважливішу складову всіх експлуатаційних руйнувань, співставляючи, наприклад, зношування під час пуску при температурі  $-18^{\circ}\text{C}$  до зношування за 210 км пробігу автомобіля. Інші автори вважають, що спрацювання при пуску й прогріванні двигуна становлять понад 60 % загальних спрацювань за весь час експлуатації автомобіля. Можна брати під сумнів точність таких зіставлень, але вплив холодних пусків і прогрівання двигуна на наступну його довговічність сумнівів не викликає.

Однак сьогодні висуває підвищені вимоги до використання засобів теплової підготовки двигунів у заданих умовах експлуатації, які повинні бути раціональними, у тому числі за ступенем їх впливу на витрати енергії або пального для забезпечення необхідного температурного режиму двигуна, а також на забруднення навколишнього середовища.

Незважаючи на те, що період теплової підготовки двигуна, навіть без застосування додаткових засобів, є найкоротшим в процесі функціонування автомобіля (не більше 3 – 5 хв в теплу пору року, і не більше 15 – 20 хв в холодну), робота двигуна на таких режимах супроводжується набагато більшими викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами (до 8 – 10 разів) в порівнянні з усталеними режимами. Автомобіль з непрогрітим двигуном витрачає пального на 27 % більше, чим з прогрітим, разом з тим викидає більше  $\text{CO}$  на 86 %,  $\text{CH}$  – на 40 %,  $\text{NO}_x$  – на 12 % [1,3,4].

Використання більшості існуючих засобів теплової підготовки двигуна забезпечують тільки часткове вирішення зазначеної проблеми, оскільки є енергозалежним, тобто потребують надходження в тому або іншому вигляді ззовні. Разом з тим, відомо, що 50 – 70 % теплоти, підведеної із паливом у двигун, становлять теплові втрати із відпрацьованими газами й охолоджувальною рідиною. Створення технічної системи, яка утилізує частину цих втрат з метою накопичення енергії й подальшого її використання, що створює передумови підвищення техніко-екологічної безпеки автотранспортних засобів, є одним з найбільш перспективних варіантів реалізації енергоефективних технологій.

Проведені теоретичні дослідження існуючих автономних систем передпускової теплової підготовки дозволяють зробити наступні твердження:

1. Найбільш перспективним напрямком у розробці таких систем є пристрої, що використовують у якості джерела енергії теплові акумулятори, що утилізують вторинні енергоресурси (теплоту відпрацьованих газів, охолоджувальної рідини двигуна).

2. Серед теплових акумуляторів найбільш перспективними для використання на транспортних засобах є ті, у яких накопичення енергії відбувається за рахунок плавлення речовин (використання теплоти фазового переходу). Такі акумулятори отримали назву теплових акумуляторів фазового переходу (ТАФП). Крім того, на їхній основі можлива розробка простих і надійних систем передпускової теплової підготовки, що не вимагають внесення істотних змін у конструкцію машини.

3. Існуючі системи на основі ТАФП, поряд з рядом переваг, мають й істотні недоліки, що вимагають доопрацювань і нових рішень, для обґрунтування яких необхідно проведення теоретичних і експериментальних досліджень.

4. Удосконалювання системи передпускової теплової підготовки з ТАФП необхідно вести по двом напрямках:

- а) удосконалення конструкції ТАФП;
- б) удосконалення систем прийому й віддачі теплової енергії.

Серед відомих систем передпускової теплової підготовки двигуна із ТАФП існують системи з низькотемпературним тепловим акумулятором фазового переходу і високотемпературним тепловим акумулятором фазового переходу.

Під тепловим акумуляванням розуміють фізичні або хімічні процеси, за допомогою яких відбувається накопичення теплоти в тепловому акумуляторі. У загальному випадку акумуляуюче середовище може бути твердим, рідким, газоподібним або двофазним (рідина й газ). Відповідно, теоретично можливі наступні типи ТА: із твердим наповнювачем, газові й фазові. Якщо перші два типи акумуляторів накопичують теплоту тільки завдяки підвищенню температурного рівня акумуляуючого середовища, то у фазових акумуляторах використовується так звана прихована теплота фазового переходу. Інакше кажучи, для фазових ТА енергоємність теплового акумулявання за допомогою використання теплоти фазового переходу визначається зміною не температури, а агрегатного стану акумуляуючого середовища при постійній температурі. При акумуляванні на основі теплоти фазового переходу використовується накопичення прихованої теплоти плавлення, тобто ТАФП працює за рахунок періодично повторюваних процесів плавлення й кристалізації акумуляуючого середовища.

Принципова схема функціонування системи двигун внутрішнього згоряння – тепловий акумулятор фазового переходу в період накопичення теплоти може бути представлена у наступному вигляді (рис. 2)

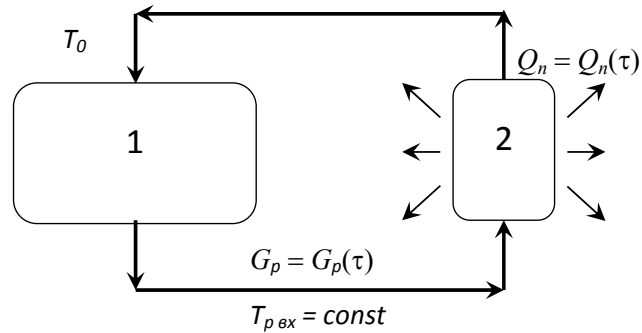


Рисунок 2 – Принципова схема функціонування системи двигун внутрішнього згоряння – тепловий акумулятор фазового переходу в період накопичення теплоти: 1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – тепловий акумулятор фазового переходу

Під час роботи двигуна 1 за температури оточуючого середовища  $T_0$  потік охолоджуючої рідини із змінними за часом масовими витратами  $G_p = G_p(\tau)$  і постійною температурою на вході  $T_{p\ ex} = const$  надходить в ТАФП, віддає частину своєї теплоти і з параметрами  $G_p = G_p(\tau)$  та  $T_{p\ ex} = T_{p\ ex}(\tau)$  знову надходить в двигун ( $T_{p\ ex}(\tau)$  – температура охолоджуючої рідини на виході з ТАФП), частина енергії при цьому розсіюється в оточуючому середовищі  $Q_n = Q_n(\tau)$ . Накопичення в ТАФП теплоти відбувається за рахунок плавлення фазоперехідного теплоакумуляуючого матеріалу, коли по теплообміннику ТАФПа проходить потік охолоджуючої рідини.

Однак, незважаючи на загальні принципи акумулявання теплової енергії, тепла підготовка двигуна може здійснюватися двома основними способами залежно від часу її проведення: міжзмінний підігрівання та передпускове розігрівання. При міжзмінному підігріванні температурний режим двигуна підтримується постійним у період усього часу зберігання машини. Енергія, затрачувана для цих цілей, іде на компенсацію тепловтрат у навколишнє середовище. Перевагою даного способу є більш рівномірне прогрівання, менша теплонапруженість деталей, відсутність додаткових працезатрат і часу на підготовку машини до виїзду. При розігріванні відбувається нагрівання деталей двигуна й робочих середовищ протягом деякого короткого проміжку часу безпосередньо перед запуском.

З урахуванням розглянутих вище основ акумулявання теплоти та різних способів теплової підготовки двигуна відповідні підходи повинні використовуватись при застосуванні в якості теплоакумуляуючого середовища матеріалів з фазовим переходом. Вибір теплоакумуляуючого матеріалу повинен ґрунтуватись на факторах, які враховують особливості пропонованого теплового акумулятора. Проте є підстави для узагальнення основних вимог до застосованого в ТАФП теплоакумуляуючого матеріалу [5]:

- високі ентальпія плавлення й густина;
- зручна з експлуатаційних умов температура плавлення;
- висока питома теплоємність у твердій і рідкій фазах (якщо використовується й зміна внутрішньої енергії);
- відсутність тенденції до розшарування, температурна стабільність;
- відсутність можливості значного переохолодження при кристалізації;
- незначна зміна об'єму при плавленні, тобто відношення густини рідкої фази до густини твердої фази повинне бути близько до одиниці;
- слабка хімічна активність (це дозволяє використовувати недорогий матеріал для виготовлення металоконструкцій ТАФП);
- безпека, тобто відсутність отруйних парів і небезпечних реакцій з теплообмінним середовищем;
- стабільність фізико-хімічних властивостей у діапазоні робочих температур;
- низька вартість.

На сучасному етапі досліджуються й використовуються в різних галузях безліч теплоакumuлюючих матеріалів з фазовим переходом: парафіни, розчини хлоридів цинку й кальцію, ацетамід, розчин ацетату натрію, гідрат гідрооксиду барію, поліетилен, різні види воску тощо, проте сформульованим вимогам на думку авторів найбільш відповідають речовини на основі ацетату натрію й гідрооксиду барію.

#### **Висновки.**

1. Під час вибору методів теплової підготовки автомобільного двигуна до виконання транспортної роботи потрібно враховувати не тільки суто технічні, а й соціально-екологічні цілі.
2. Із усіх відомих способів теплової підготовки двигуна найраціональнішим є утилізація (акumuлювання) теплової енергії.
3. Найбільш оптимальним типом теплового акумулятора для теплової підготовки двигуна є тепловий акумулятор фазового переходу.
4. При виборі теплоакumuлюючих матеріалів (ТАМів) слід керуватися сформульованими вимогами.

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Лосавіо Г. С. Исследование низкотемпературных свойств автомобилей // Исследование технико-эксплуатационных свойств автомобильного подвижного состава/ Г. С. Лосавіо; под ред. Ю. В. Влас-ко – М.: Изд-во НИИАТ, 1977, вып. 1. С. 99-113.
2. Резник Л. Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации / Л. Г. Резник, Г. М. Роалис, С.Т. Марков – М. Транспорт, 1989. — 128 с.
3. Цыплакова Е.Г. Пути снижения экологической опасности автотранспорта при безгаражном хранении / Е.Г. Цыплакова, А. И. Потапов // материалы Юбилейной науч.-техн. конф. студ., аспирант. и сотр. СЗПИ. СПб., 2000. – С. 57–73.
4. Куликов Ю. А. Тепловой акумулятор для передпускового разогрева двигателя автомобиля / Ю. А. Куликов, В. А. Пыхтя // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля – 2011. - № 6 (160). – С. 246 – 251.
5. Бекман Г. Тепловое аккумулялирование энергии: Пер. с англ. / Г. Бекман, П. Гилли - М.: Мир, 1987.-272 с., ил.
6. Грицук І. В. Комплексний комбінований прогрів: системний підхід до формування схем забезпечення оптимального температурного стану транспортного засобу в умовах експлуатації / І. В. Грицук // Вісник НТУ «ХПІ» – Харків, НТУ”ХПІ”. –2015. № 10 (1119) с 96-101

#### **REFERENCES**

1. Losavio G. S. Investigation of low-temperature properties of the vehicle // Investigation of technical and operational properties of the vehicle / G. S. Losavio; edited by Y. V. Vlas-ko – М.: НИИАТ, 1977, Vyp. 1. P. 99—113.
2. Reznik L. G. The effectiveness of vehicle use in different environments / L. G. Reznik, G. M. Roialis, S. T. Markov – М. Transport, 1989. — 128 p.
3. Tsyplakova E. G. Ways to reduce the environmental hazard of vehicles at outdoor storage / E.G. Tsyplakova, A. I. Potapov // materialy Yubilejnoj nauch.-techn. konf. stud., aspir. i sort. SZPI. SPb., 2000. – P. 57–73.

4. Kulikov Y. A. Thermal accumulator for the prestarting warming up of a car engine / Y. A. Kulikov, V. A. Pihtya // Visnyk Schidnoukrayynskogo natsionalnogo universitetu im. Volodymyra Dalya – 2011. - № 6 (160). – P. 246 – 251.
5. Beckmann G. Thermal energy storage: Translate from English. / G. Beckmann, P. Gilli - M.: Mir, 1987.-272 p., il.
6. Gritsuk I. V. Complex combined warming-up: systematic approach to forming schemes to ensure optimal thermal condition of the vehicle in operating conditions / I. V. Gritsuk // Visnyk NTU «KHPI» – Kharkiv, NTU “KHPI”. – 2015. № 10 (1119) p 96-101

#### РЕФЕРАТ

Лук’яненко О.Ю. Методичні аспекти використання теплових акумуляторів для теплової підготовки автомобільних двигунів / О.Ю. Лук’яненко, Ю.О. Лук’яненко // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. - Вип. 2 (35).

В статті представлено аналіз процесу теплової підготовки автомобільного двигуна, розглянуті можливі методи і засоби, що дозволяють забезпечити теплову підготовку без затрат енергії зовнішніх джерел.

Об’єктом дослідження є процес теплової підготовки двигуна автомобіля до використання за призначенням, який характеризується показниками довговічності, тягово-швидкісних властивостей, економічності та екологічності.

Метою статті є визначення критеріїв та розробка підходів до створення раціональних систем теплової підготовки двигунів автотранспортних засобів із використанням принципів утилізації теплової енергії.

Метод дослідження – системний аналіз процесів забезпечення необхідного температурного стану двигуна після тривалої стоянки.

Здійснено декомпозицію цілей теплової підготовки двигуна, виділено соціально-екологічну складову. Запропоновано вирішення задач теплової підготовки шляхом акумуляування теплової енергії з використанням теплових акумуляторів фазового переходу. Сформульовані вимоги до теплоакумуляуючого матеріалу.

Результати досліджень можуть бути використані при створенні систем теплової підготовки двигуна з використанням теплових акумуляторів фазового переходу.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АВТОМОБІЛЬНИЙ ДВИГУН, ТЕПЛОВА ПІДГОТОВКА, ТЕПЛОВИЙ АКУМУЛЯТОР, ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИЙ МАТЕРІАЛ

#### ABSTRACT

Lukyanchenko O. Y. Methodological aspects of heat accumulators’ using for thermal preparation of vehicle engines / O.Y. Lukyanchenko, Lukyanchenko Y.O. // Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2016. – Issue 2 (35).

The article presents the analysis of the process of thermal preparation of the engine automobiling, the possible methods and means to ensure Teplova training without the cost of external energy sources.

The object of study is the process of thermal preparation of the engine for the car to use, which is characterized by performance durability, traction and speed properties, economy and ecology.

The aim of the article is determination of criteria and development of approaches to creation of rational systems of thermal preparation of engines of vehicles using the principles of utilization of thermal energy.

Research method – system analysis processes provide the necessary temperature state of the engine after long Parking.

Carried decomposition of thermal preparation of the engine , the selected socio-ecological component. The proposed solution of problems of thermal preparation by storing thermal energy using heat accumulators phase transition. The requirements to the heat storage material.

The research results can be used to create systems of thermal preparation of the engine using heat accumulators phase transition.

**KEYWORDS:** AUTOMOTIVE ENGINE, THERMAL PREPARATION, THE HEAT ACCUMULATOR, THE HEAT STORAGE MATERIAL

#### РЕФЕРАТ

Лукьянченко А.Ю. Методические аспекты использования тепловых аккумуляторов для тепловой подготовки автомобильных двигателей / В.Ю. Лукьянченко, Ю.А. Лукьянченко // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2016. – Вып. 2 (35).

В статье представлен анализ процесса тепловой подготовки автомобильного двигателя, рассмотрены возможные методы и средства, позволяющие обеспечить тепловую подготовку без затрат энергии внешних источников.

Объектом исследования является процесс тепловой подготовки двигателя автомобиля к использованию по назначению, который характеризуется показателями долговечности, тягово-скоростных свойств, экономичности и экологичности.

Целью статьи является определение критериев и разработка подходов к созданию рациональных систем тепловой подготовки двигателей автотранспортных средств с использованием принципов утилизации тепловой энергии.

Метод исследования – системный анализ процессов обеспечения необходимого температурного состояния двигателя после длительной стоянки.

Осуществлена декомпозиция целей тепловой подготовки двигателя, выделена социально-экологическая составляющая. Предложено решение задач тепловой подготовки путем аккумулирования тепловой энергии с использованием тепловых аккумуляторов фазового перехода. Сформулированы требования к теплоаккумулирующему материалу.

Результаты исследований могут быть использованы при создании систем тепловой подготовки двигателя с использованием тепловых аккумуляторов фазового перехода.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВТОМОБИЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ТЕПЛОВАЯ ПОДГОТОВКА, ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР, ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ

#### АВТОРИ:

Лук'яненко Олександр Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, Черкаський державний технологічний університет, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, e-mail: 111188@ukr.net, тел. +38 0472 33-08-67, Україна, 18006, м. Черкаси, бул. Шевченка, 460

Лук'яненко Юрій Олександрович, Національний транспортний університет, аспірант, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1

#### AUTHORS:

Lukyanchenko Aleksandr, candidate of technical Sciences, associate Professor, Cherkasy state technological University, associate Professor at the Department of vehicles and technologies of their operation, e-mail: 111188@ukr.net phone: +38 0472 33-08-67, Ukraine, 18006, 18006, m. Cherkasy, blvd. Shevchenko, 460

Lukyanchenko Yury, National Transport University, postgraduate Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1.

#### АВТОРЫ:

Лукьянченко Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, Черкасский государственный технологический университет, доцент кафедры автомобилей и технологий их эксплуатации, e-mail: 111188@ukr.net тел. +38 0472 33-08-67, Украина, 18006, м. Черкассы, бул. Шевченко, 460

Лукьянченко Юрий Александрович, Национальный транспортный университет, аспирант, Украина, 01010, г. Киев, вул. Суворова 1

#### РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

Запорожець О. І., доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового Інституту екологічної безпеки, Національного авіаційного університету, м. Київ, Україна.

#### REVIEWERS:

Gutarevych Y.F., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Department of Engines and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.

Zaporozhets O. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Educational-research Institute for Environmental Safety, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.