

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518

*І. В. ГРИЦУК*, канд. техн. наук, докторант ХНАДУ, Харків**ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНОГО ДВИГУНА ЗА ДОПОМОГОЮ НАКОПИЧУВАЧА МОТОРНОЇ ОЛИВИ З ТЕПЛОВИМ АКУМУЛЯТОРОМ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ**

У статті описані результати теплової підготовки оливи транспортного двигуна за допомогою накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором фазового переходу у складі комплексної системи комбінованого прогріву. Отримані результати дозволяють повною мірою урахувати умови експлуатації для здійснення довготривалого зберігання теплової енергії не працюючого двигуна транспортного засобу в різних кліматичних умовах експлуатації і формування ефективного складу комплексної системи комбінованого прогріву.

**Ключові слова:** транспортний засіб, експлуатація, зберігання теплової енергії, накопичувач моторної оливи з тепловим акумулятором, фазовий перехід, комплексна система комбінованого прогріву.

**Вступ.** Умови експлуатації транспортних засобів (ТЗ) і енергетичних установок (ЕУ) з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) в холодну пору року висувають високі вимоги до довговічності транспортних засобів і енергетичних установок, до якості експлуатаційних матеріалів і технологічного устаткування, що забезпечує передпускову підготовку. Особливо актуальна ця проблема для двигунів ТЗ і ЕУ, які повинні забезпечувати надійний пуск відповідальної техніки та на які приходить основна частина відмов, особливо в зимовий час. Тому підвищення пускових якостей двигунів ТЗ і ЕУ та створення ефективних способів та засобів передпускової і післяпускової теплової підготовки охолоджуючої рідини (ОР) в системі охолодження (СОД) і моторної оливи (МО) в системі мащення (СМ), являє собою актуальне й багатопланове завдання. Іншим актуальним завданням, пов'язаним з низькотемпературною експлуатацією, є комплексний прогрів і зниження пускових зносів деталей двигунів ТЗ і ЕУ.

**Аналіз останніх досліджень.** При здійсненні пуску і прогріву холодного двигуна штатний масляний насос не забезпечує необхідного тиску в масляній магістралі, сполучення двигуна працюють у режимі граничного тертя, що призводить до значної інтенсифікації їх зношування, а також не забезпечується ефективний передпусковий прогрів найбільш відповідальних елементів циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигуна [2, 3]. Вирішенням проблеми передпускового і післяпускового прогріву двигуна може бути досягнуто застосуванням комплексної системи комбінованого прогріву (КСКП) у складі різних типів підігрівачів [1], в тому числі теплових акумуляторів (ТА) з теплоакумулюючим матеріалом (ТАМ) з фазовим переходом [2, 3].

Комплексна система комбінованого прогріву (КСКП) двигуна ТЗ і ЕУ складається з підсистем: прискореного прогріву (СППД), утилізації теплової енергії ВГ тепловим акумулятором (ТА) фазового переходу (СУТТА), контактної теплової акумулятора (КТА), накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором (НМОТА) фазового переходу. КСКП конструктивно входить, як складова частина, до систем охолодження (СОД) і мащення (СМ) двигуна та виконує частину їх функцій, а також здійснює визначальний вплив на протікання робочого процесу двигуна [4, 3], а саме забезпечує передпусковий і післяпусковий прогрів ОР в СОД і МО в СМ двигуна до температури, при якій можливо здійснювати навантаження двигуна, а потім до робочої температури та довготерміново підтримує їх у межах, обумовлених робочим

© І.В. Грицук, 2015

процесом та конструкцією ДВЗ. Підсистеми КСКП двигуна, а саме СППД, СУТТА і КТА входять, як складові елементи, в СОД, а СППД, СУТТА, КТА і НМОТА - в СМ двигуна. Всі перераховані підсистеми можуть працювати спільно у складі та за алгоритмом роботи КСКП, або окремо одна від одної з виконанням властивих їм функцій [1]. НМОТА виконує функції теплонакопичування при зливанні МО з СМ в теплоізолювану ємність [5]. Важливим питанням при розробці і формуванні КСКП для ТЗ і ЕУ є визначення параметрів складових елементів системи і оцінка їх ефективності в процесі конструювання і випробувань, як для всієї системи, так і для її складових.

Умови роботи двигунів у період пуску-прогріву значно відрізняються від умов роботи на номінальних навантажувальних і швидкісних режимах і впливають на довговічність і безвідмовність основних деталей. Особливо це актуально при експлуатації двигуна в умовах низьких температур, коли відбувається значне збільшення в'язкості оливи, зниження ефективності роботи масляного насоса й фільтруючих елементів [5, 6]. У таких умовах час подачі мастильного матеріалу до вузлів тертя зростає в кілька разів. Вивченню закономірностей передпускового прогріву моторної оливи і зносів у пусковий період в умовах низькотемпературних пусків присвячені роботи багатьох учених: Р.І.Альмеєва, А.А. Гурєєва, Д.П. Великанова, О.С. Денисова, В. А. Долецького, Ю.М. Копилова, Р.В. Кугеля, Г.С. Лосавіо, Д.М. Левіна, Ю.В. Микуліна, Р. Нейдлія, А.Н. Покровського, Н.Н. Пономарьова, С.Ф. Рубінштейна, Г.В. Рутенбурга, Е.Г. Семенидо, Н.В. Семенова, М.С. Смирнова, Л.А. Сорокіна, Г.І. Суранова, А.І. Туркевича, Е.А. Чудакова, Б.А. Енгліна тощо [6, 8 - 11].

Питання підвищення показників теплового стану двигунів шляхом забезпечення оптимальних теплових параметрів мастильного процесу в підшипниках колінчастого валу на режимі пуску у складі КСКП з тепловими акумуляторами в літературних джерелах представлені не достатньо і тому потребують поглибленого розгляду.

Існує ряд методик конструювання ТА з фазовим переходом [1], однак, вони не можуть повною мірою врахувати всіх особливостей конструкції НМОТА, тому була розроблена спеціальна методика визначення робочих параметрів НМОТА фазового переходу. Розроблений автором програмний комплекс [1, 7] дає можливість проводити проектування і дослідження НМОТА двигуна ТЗ і ЕУ у складі КСКП.

**Постановка задачі.** Мета статті – визначення особливостей теплової підготовки моторної оливи транспортного двигуна, оснащеного комплексною системою комбінованого прогріву, у складі накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором фазового переходу. Отримані результати є ефективною основою для проектування систем прогріву двигунів з НМОТА фазового переходу, а також коригування їх параметрів в процесі експериментальних досліджень і оптимізації елементів конструкції КСКП.

**Основний матеріал.** Для забезпечення ефективної передпускової теплової підготовки МО з СМ транспортного двигуна в умовах низьких температур розроблено НМОТА, який включає в себе ТА фазового переходу, теплонакопичувач й елементи керування. НМОТА призначений для забезпечення ефективного зберігання теплової енергії двигуна в процесі міжзмінного зберігання ТЗ або ЕУ до визначеної температури, що експлуатується в умовах низьких температур оточуючого середовища (ОС)  $T_{OC}$ . Конструкція НМОТА являє собою кілька секцій-контейнерів з теплоакumulюючим матеріалом на основі суміші високомолекулярних вуглеводнів  $C_{18}-C_{35}$  – парафіну, що закріплені на поверхні ємності для накопичення МО з СМ, зверху закритих багатошаровим теплоізоляційним чохлам.

Динаміка зміни температури  $T_{НМОТА}$  в залежності від часу зберігання МО двигуна з НМОТА у складі КСКП при  $T_{OC}=20$  °С показана на рис. 1. Експериментальний зразок НМОТА для зберігання теплоти МО в СМ двигуна 8Ч 9,2/8 був досліджений на транспортному засобі ГАЗ-66-11 у складі комплексної системи комбінованого прогріву. Експериментальні дослідження розробленої конструкції підтвердили її ефективність.

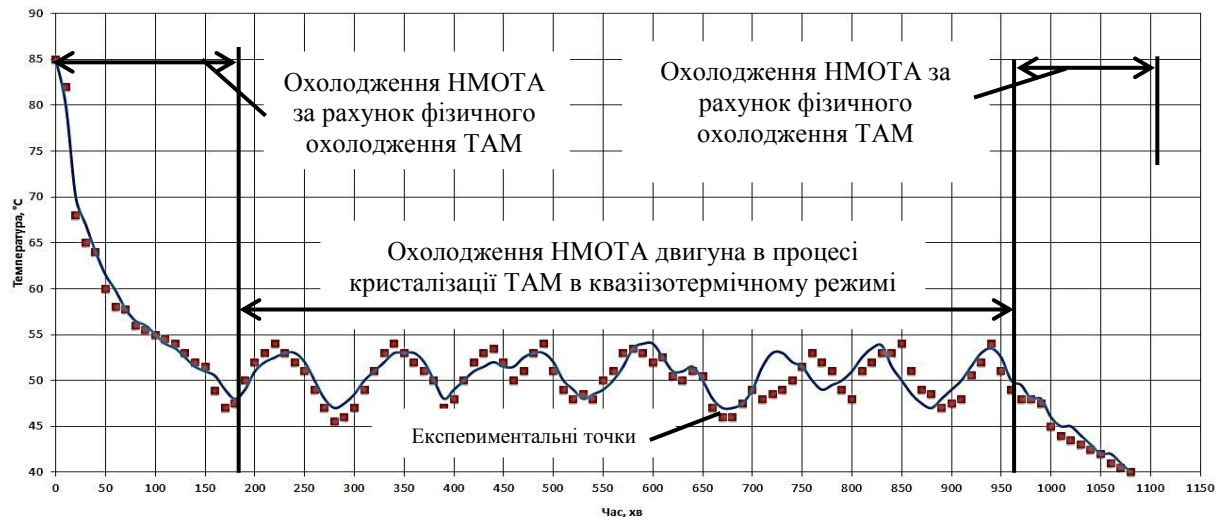


Рисунок 1 – Динаміка зміни температури ТАМ в НМОТА у складі КСКП двигуна ТЗ і ЕУ за цикл роботи (розрядки-зберігання теплоти) при  $T_{OC}=20$  °С

Для проведення теоретичного дослідження була використана розроблена автором методика [1, 7], за допомогою якої був проведений розрахунок параметрів і виготовлений експериментальний зразок НМОТА для зберігання теплових параметрів двигуна 8Ч 9,2/8.

Порівняння часу підтримання (зберігання) теплоти МО в СМ двигуна  $T_{MO} \geq 50$ °С за допомогою НМОТА при різних температурах  $T_{OC}=20$  (0 / -20) °С у складі КСКП показані на рис. 2 і 3. Аналіз отриманих результатів показав наступні результати. При довготривалому зберіганні теплового стану МО з СМ в межах  $T_{MO} \geq 50$ °С при непрацюючому двигуні без КСКП, тобто зі штатною системою (ШС) СМ, час підтримання температур в ДВЗ склав 100 (60/30) хв. для МО при відповідній  $T_{OC}=20$  (0/ -20)°С (на рис. 2 і на рис. 3: 1) – МО в СМ для ШС). Аналіз параметрів роботи окремих підсистем КСПП, а саме ТА фазового переходу СППД і НМОТА, показав, що використання ТА фазового переходу СППД з власними елементами (на рис. 2: 2) МО в СМ за допомогою ТА фазового переходу СППД забезпечує покращення показників підтримання (зберігання) теплоти  $T_{MO} \geq 50$ °С за часом на 620 (540/480) хв. або на 620 (900/1600)% відповідно. Для підтримання  $T_{MO} \geq 50$ °С двигуна з використанням накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором фазового переходу (НМОТА) (на рис. 2: 3) МО в СМ за допомогою НМОТА) покращуються показники теплової підготовки для МО - на 860 (780/590) хв. або на 860 (1300/1970)% відповідно. Для підтримання  $T_{MO} \geq 50$ °С двигуна з використанням попередньо прогрітого теплового акумулятора НМОТА в межах  $T_{НМОТА} \approx 85$ °С (на рис. 2: 4) МО в СМ за допомогою НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85$ °С)) покращуються показники теплової підготовки для МО - на 1590 (1418/1330) хв. або на 1590 (2363/44303)% відповідно.

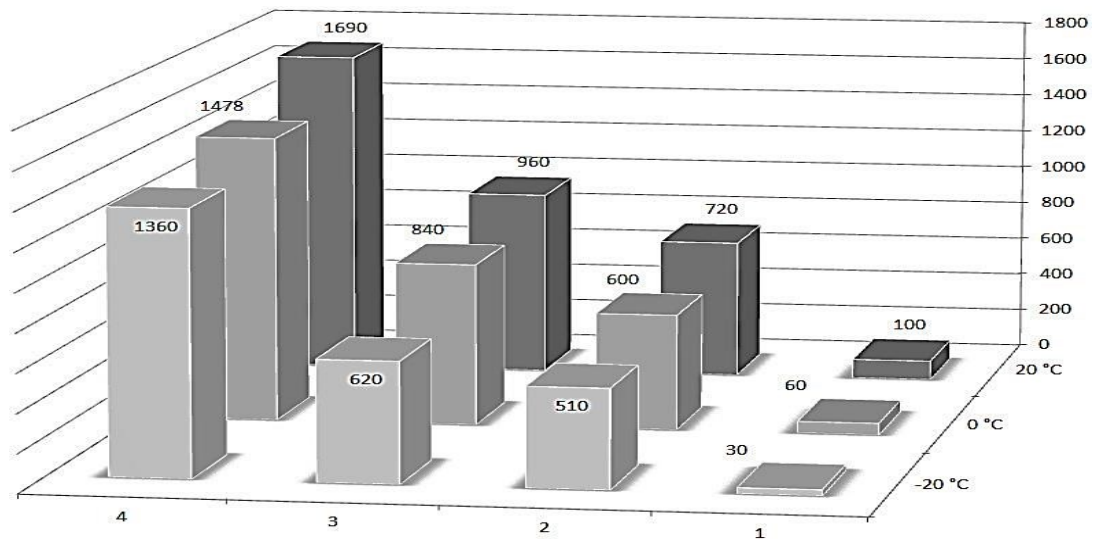


Рисунок 2 – Результати підтримання  $T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$  двигуна 8Ч 9,2/8 в міжзмінний період за допомогою НМОТА у складі КСПП за часом теплової підготовки МО в СМ (хв.)

Крім цього, для довготривалого підтримання (зберігання) теплоти МО в СМ двигуна  $T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$  за допомогою НМОТА при різних температурах  $T_{OC}=20$  (0 / -20)  $^{\circ}\text{C}$  у складі КСКП доцільно використовувати поєднання її підсистем (рис. 3), а саме ТА + НМОТА, ТА + НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$ ), ТА + КТА + НМОТА, ТА + КТА + НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$ ). Використання поєднання підсистем ТА + НМОТА (на рис. 3: 2) МО в СМ за допомогою ТА + НМОТА) при не працюючому двигуні забезпечує покращення показників підтримання (зберігання) теплоти  $T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$  за часом на 1600 (1400/1100) хв. або на 2000 (3500/3670)% відповідно. Для підтриманні  $T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$  двигуна з використанням попередньо прогрітого теплового акумулятора НМОТА в межах  $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$  і поєднання підсистем ТА + НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$ ) покращуються показники теплової підготовки для МО (на рис. 3: 3) МО в СМ за допомогою ТА + НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$ ) - на 2310 (2018/1840) хв. або на 1590 (3363/6133)% відповідно. Для підтримання  $T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$  двигуна з використанням поєднання підсистем ТА + КТА + НМОТА покращуються показники теплової підготовки для МО (на рис. 3: 4) МО в СМ за допомогою ТА + КТА + НМОТА) - на 1600 (1400/1100) хв. або на 2000 (3500/3670)% відповідно. Для підтримання  $T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$  двигуна з використанням попередньо прогрітого теплового акумулятора НМОТА в межах  $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$  і поєднання підсистем ТА + КТА + НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$ ) покращуються показники теплової підготовки для МО (на рис. 3: 5) МО в СМ за допомогою ТА + КТА + НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$ ) - на 2310 (2018/1840) хв. або на 1590 (3363/6133)% відповідно. Отримані результати пояснюються наступним. При використанні НМОТА, для збереження теплової енергії МО для СМ, використання КТА для збереження теплової енергії МО в картері і СМ двигуна не потрібно, КТА в даному варіанті діє тільки на ОР в СОД. Попередній прогрів теплового акумулятора НМОТА в межах  $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$  забезпечує покращення показників збереження МО з СМ суттєво, тому що не відбуваються втрати теплової енергії МО для прогріву ТАМ НМОТА, що підтверджується положеннями, які викладені в [4].

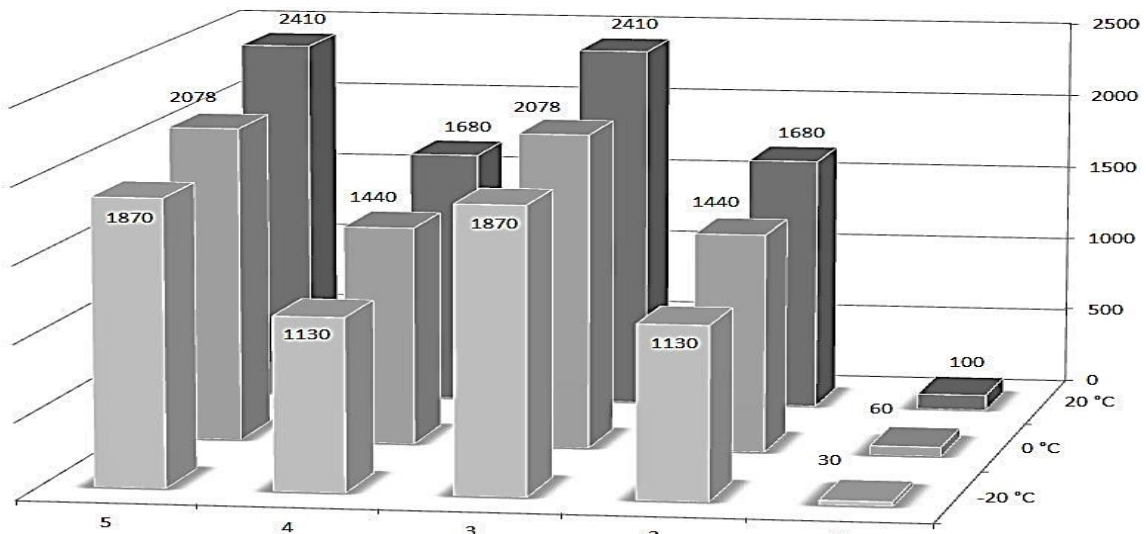


Рисунок 3 – Результати підтримання  $T_{MO} \geq 50^{\circ}\text{C}$  двигуна 8Ч 9,2/8 в міжзмінний період за допомогою КСКП у складі НМОТА і КТА за часом теплової підготовки МО в СМ (хв.)

Важливим при цьому є те, що при здійсненні підтримання  $T_{MO} \approx 50^{\circ}\text{C}$  в міжзмінний період експлуатації двигун ТЗ або ЕУ не працює, паливо не використовується, викиді відсутні, підтримання теплової енергії МО здійснюється КСКП тільки за рахунок накопиченої в ТА фазового переходу СППД, НМОТА, ТА + НМОТА, ТА + НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$ ), ТА + КТА + НМОТА, ТА + КТА + НМОТА ( $T_{НМОТА} \approx 85^{\circ}\text{C}$ ) теплової енергії.

**Висновок.** Отримані результати підтверджують доцільність розробки і використання накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором фазового переходу у складі комплексної системи комбінованого прогріву для зберігання теплової енергії моторної оливи двигуна транспортного засобу або енергетичної установки в міжзмінний період. Попередній прогрів теплового акумулятора накопичувача моторної оливи до робочої температури двигуна забезпечує суттєве покращення показників теплової підготовки його при здійсненні міжзмінного зберігання техніки в умовах низьких температур. Отримані результати є ефективною основою для проектування систем прогріву двигунів з накопичувачем моторної оливи з тепловим акумулятором фазового переходу, а також коригування його параметрів в процесі виконання досліджень і оптимізації елементів конструкції.

**Список літератури:** 1. Грицук І. В. Системний підхід до проектування і дослідження комплексних систем комбінованого прогріву ДВЗ / І. В. Грицук // Збірн. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ – Донецьк: ДонІЗТ, 2012 – №30, с. 106-117. 2. Schatz D. Latentwärmespeicher für Kaltstartverbesserung von Kraftfahrzeugen/ D. Schatz // Brennst.-Warme-Kraft, 1991. №6. – р.333-340. 3. Шульгин В. В. Тепловые аккумуляторы автотранспортных средств / В. В. Шульгин / СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2005. – 268 с. 4. Вашуркин И. О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой / И. О. Вашуркин // Тюмень, ТюмГНГУ, 2001. – 145с. 5. Авдонькин Ф. Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля / Ф. Н. Авдонькин // М.: Транспорт, 1993. – 350 с. 6. Денисов А. С. Повышение долговечности подшипников коленчатого вала использованием предпусковой смазки /

*А. С. Денисов, Р. И. Альмеев // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – № 2 (56), Выпуск 2. – с. 34–37.* **7. Гришук І. В.** Особливості математичного моделювання параметрів роботи теплонакопичувача керованої передпускової системи мащення двигуна внутрішнього згорання у складі системи комбінованого прогріву / *І. В. Гришук, А. М. Гуцин, Д. С. Адров, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська // Збірник наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк: ДонІЗТ, 2013 – Випуск №36., с.156-161.* **8. Альмеев Р. И.** Анализ устройств для предпусковой смазки деталей ДВС / *Р. И. Альмеев // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2008. - С. 125-132.* **9. Лосавио Г. С.** Эксплуатация автомобилей при низких температурах / *Г. С. Лосавио / М.: Транспорт, 1973. – 117 с.* **10. Семёнов Н. В.** Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур / *Н. В. Семёнов / М.: Транспорт, 1993. - 190 с.* **11. Сердечный В. Н.** Тепловая подготовка лесотранспортных машин при безгаражном содержании / *В. Н. Сердечный / М.: Лесная промышленность, 1974. – 124с.*

**Bibliography (transliterated):** **1. Gritsuk I. V.** "Sy'stemny`j pidxid do proektuvannya i doslidzhennya kompleksny`x sy`stem kombinovanogo progrivu DVZ". Zbirn. nauk. prac` DonIZTUK rDAZT – Donecz`k: DonIZT, 2012 – No30. 106-117. Print. **2. Schatz D.** "Latentwärmespeicher für Kaltstartverbesserung von Kraftfahrzeugen". Brennst.-Wärme-Kraft, 1991. No6.333-340. Print. **3. Shul'gin V. V.** Teplovyje akkumuljatory avtotransportnyh sredstv SPb.: Izdatel'stvo Politehn. un-ta, 2005. 268. **4. Vashurkin I. O.** Teplovaja podgotovka i pusk DVS mobil'nyh transportnyh i stroitel'nyh mashin zimoj. Tjumen', TjumGNGU, 2001. 145. **5. Avdon'kin F. N.** Optimizacija izmenenija tehničeskogo sostojanija avtomobilja. Moscow: Transport, 1993. 350. **6. Denisov A. S., Al'meev R. I.** "Povyshenie dolgovechnosti podshipnikov kolenchatogo vala ispol'zovaniem predpuskovej smazki". Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2011. – No 2 (56). 34–37. Print. **7. Gritsuk I. V., Gushhy`n A. M., Adrov D. S., Verbovs`ky`j V. S., Krasnokuts`ka Z. I.** "Osobly`vosti matematy`chnogo modelyuvannya parametriv roboty` teplonakopy`chuvacha kерованої передпускової системи` mashhennya dyv`guna vnutrishn`ogo zgorannya u sklad sy`stemy` kombinovanogo progrivu "Zbirny`k nauk. prac` DonIZTUKrDAZT. – Donecz`k: DonIZT, 2013 – No36.156-161. Print. **8. Al'meev R. I.** "Analiz ustrojstv dlja predpuskovej smazki detalej DVS". Problemy transporta i transportnogo stroitel'stva: mezhvuz. nauch. sb. – Saratov: SGTU, 2008. 125-132. Print. **9. Losavio G. S.** Jekspluatacija avtomobilej pri nizkih temperaturah. Moscow: Transport, 1973. 117. **10. Semjonov N. V.** Jekspluatacija avtomobilej v uslovijah nizkih temperatur. Moscow: Transport, 1993. 190. **11. Serdechnyj V. N.** Teplovaja podgotovka lesotransportnyh mashin pri bezgarazhnom sodержanii. Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1974. 124.

*Надійшла (received) 20.01.2015*