

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518

І. В. ГРИЦУК, канд. техн. наук, доц. ДонІЗТ УкрДАЗТ, Донецьк;
Ю. В. ПРИЛЕПСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц. ДонІЗТ УкрДАЗТ, Донецьк;
Д. С. АДРОВ, асист. ДонІЗТ УкрДАЗТ, Донецьк;
А. П. КОМОВ, асп. ХНАДУ, Харків;
О. В. ПРЕДКО, магістрант, АДІ ДонНТУ, Горлівка

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ПРОГРІВУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ З ТЕПЛОВИМ АКУМУЛЯТОРОМ

У статті представлені результати формування автоматичного керування системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву. Обґрунтовано склад і взаємодію елементів схеми автоматичного керування системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву. Розроблена система прогріву двигуна внутрішнього згорання дозволяє проводити дистанційне і автоматичне керування роботою і тепловою підготовкою двигуна в структурі інтелектуальних транспортних систем.

Ключові слова: автоматичне керування, тепловий акумулятор, відпрацьовані гази, бортовий інтелектуальний діагностичний комплекс, блок керування системою забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ.

Вступ. Двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ), що використовуються в транспортних засобах (ТЗ) і стаціонарних енергетичних установках (СЕУ) та експлуатуються в умовах низьких температур, зазвичай мають проблему в процесі здійснення «холодного пуску». Режим «холодного пуску» супроводжується суттєвим навантаженням на елементи пускових механізмів, зносом деталей ДВЗ та струмовим навантаженням на акумуляторні батареї, що значно скорочує моторесурс двигуна та термін експлуатації акумуляторів. Окрім цього, післяпусковий прогрів ДВЗ до робочих температур потребує значних витрат пального. Ці проблеми стають особливо актуальними зі зростанням маси та потужності ДВЗ. Для забезпечення передпускового і подальшого прогріву після пуску двигунів, оснащених системами прогріву (СП) з тепловими акумуляторами (ТА) фазового переходу, потрібно враховувати інформацію систем *OBD(OnBoardDiagnostic)*, зокрема інформацію, отриману скануванням пам'яті бортового комп'ютера ТЗ спеціальними технологічними засобами (за наявності) [1] або додатково встановлених датчиків. Аналіз літературних джерел показав, що дослідження особливостей формування автоматичного керування системами прогріву ДВЗ ТЗ і СЕУ з тепловими акумуляторами в процесі передпускового і подальшого прогріву після пуску двигуна не проводилось і, відповідно, не розроблявся спеціальний комплекс для здійснення дистанційного або автоматичного керування СП двигуна з ТА в структурі інтелектуальних транспортних систем (*Intelligent Transport Systems (ITS)*) [2].

Аналіз останніх досліджень. Впровадження системи прогріву (рекуперації теплової енергії) з використанням теплового акумулятору [3,4, 5] вирішує проблеми передпускового прогріву ДВЗ та дозволяє економити пальне. Окрім наявності теплового акумулятору, важливу роль в ефективній роботі рекуперації теплової енергії займає оптимальне керування тепловими потоками за рахунок оснащення системою автоматичного контролю та керування. У роботах [6, 7] представлені конструктивні схеми елементів вимірювального комплексу для автоматичного управління теплонакопиченням та передпусковим прогрівом двигуна внутрішнього згорання, але

© І. В. Грицук, Ю. В. Прилепський, Д. С. Адров, А. П. Комов, О. В. Предко, 2014

в представленому вигляді їх застосування не можливо для транспортних засобів, що працюють в умовах *ITS* [8, 9].

Постановка задачі. Метою роботи є формування автоматичного керування системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором для транспортних засобів, що працюють в умовах *ITS*. Для цього необхідно вирішити наступні завдання:

- обґрунтувати склад і взаємодію елементів схеми автоматичного керування системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву;
- розробити схему інформаційного обміну і взаємодії між елементами схеми автоматичного керування системою прогріву ДВЗ з ТА.

Основний матеріал. В рамках даної роботи розроблена схема автоматичного керування системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором [10], що зображена на рис. 1.

Розроблена система містить (рис. 1) ДВЗ 1, обладнаний насосом системи охолодження (помпою двигуна) 2, клапаном-термостатом 3, радіатором системи охолодження 4, що з'єднані між собою трубопроводами в штатну систему охолодження двигуна, тепловим акумулятором фазового переходу системи охолодження 5, клапанами 6, клапаном 7, клапаном 8, електричним програмованим насосом системи охолодження 9, одноходовими кранами 10, одноходовим краном 11, одноходовим краном 12, додатковим електричним програмованим насосом системи охолодження 13, тепловим акумулятором фазового переходу теплоти відпрацьованих газів 14, клапаном байпасу 15, клапаном випускної системи 16, датчиком температури охолоджуючої рідини системи охолодження 17, датчиком температури охолоджуючої рідини ДВЗ 18, датчиком температури оливи системи мащення ДВЗ 19, датчиком параметрів повітря на впуску до ДВЗ 20, датчиком витрати палива 21, датчиком частоти обертання колінчастого валу 22, датчиком параметрів відпрацьованих газів 23, датчиком температури відпрацьованих газів, встановленим до теплового акумулятора фазового переходу 24, датчиком температури теплового акумулятора фазового переходу 25, датчиком температури відпрацьованих газів, встановленим після теплового акумулятора фазового переходу 26, датчиком температури охолоджуючої рідини після теплового акумулятора фазового переходу 27, датчиком температури охолоджуючої рідини до теплового акумулятора фазового переходу 28, контрольним (резервним) датчиком температури охолоджуючої рідини після теплового акумулятора фазового переходу 29, випускною трубою 30, датчиком тиску оливи системи мащення ДВЗ 31, датчиком температури оточуючого середовища 32, блоком керування системою забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ 33, блоком керування ДВЗ 34, сукупністю I – АКДКОТС (рис. 2) (автоматизований комплекс дистанційного контролю і обстеження технічного стану системи забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ), яка включає бортовий модуль-блок системи забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ 35, канал супутникового зв'язку 36, інформаційну панель 37, датчик температури теплового акумулятора фазового переходу системи охолодження 45, трубопроводи 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, радіатор «підки» 57, пробковий кран 58, крани 59, трубопроводи 60, 61, датчик температури радіатора «підки» 62; сукупністю II – АРМ ІМТС (рис. 2) (автоматизоване робоче місце інженера-механіка технічної служби), що включає, центральний сервер 38, сервер бази даних 39, автоматизоване робоче місце внутрішньої мережі 40, сукупністю III – АСУ СЗ ТОР ДВЗ (рис. 2) (автоматизована

система управління системою забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ), яка включає робочу станцію оператора автоматизованого управління системи забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ41, корпоративний сервер прикладних задач технічної служби 42, а також робочу станцію – віддалене автоматизоване робоче місце системи споживачів 43; мережу зв'язку 44.

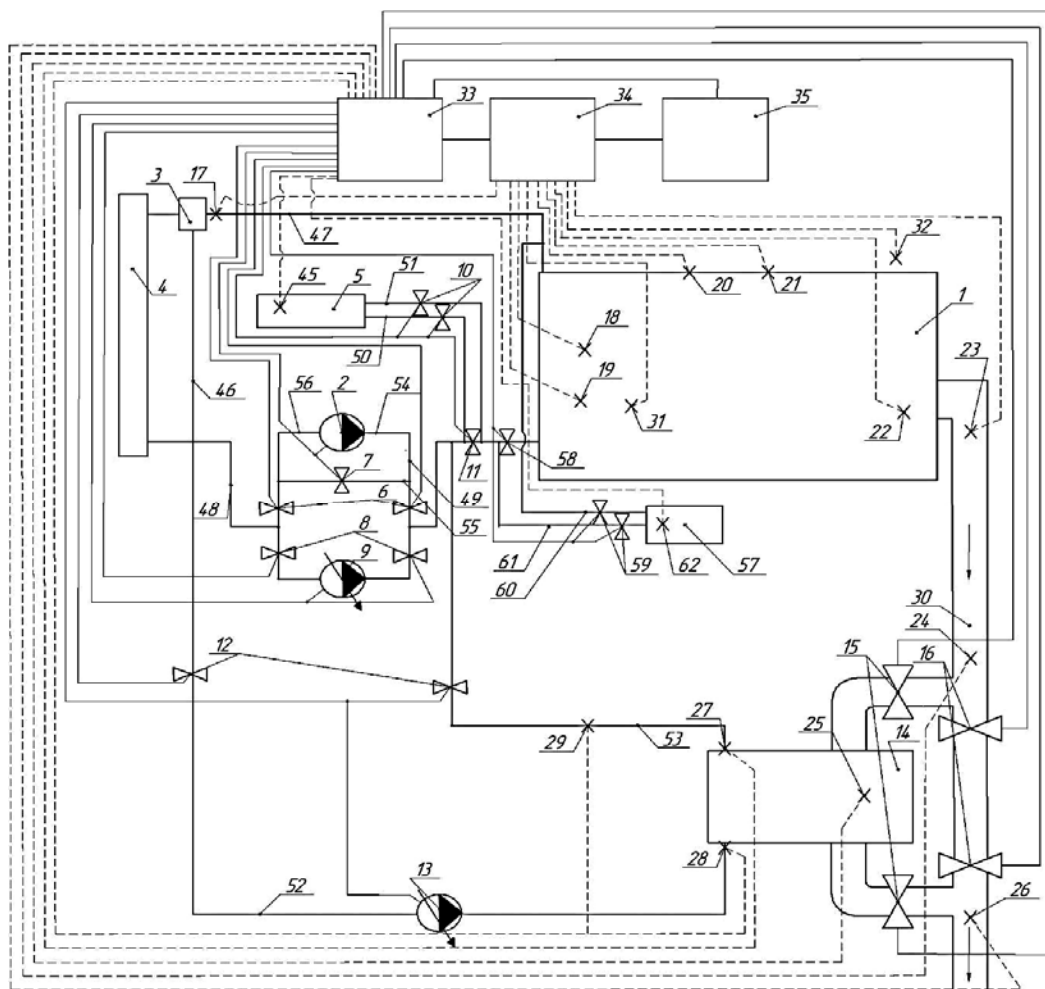


Рисунок 1 – Схема системи прогріву ДВЗ з тепловим акумулятором

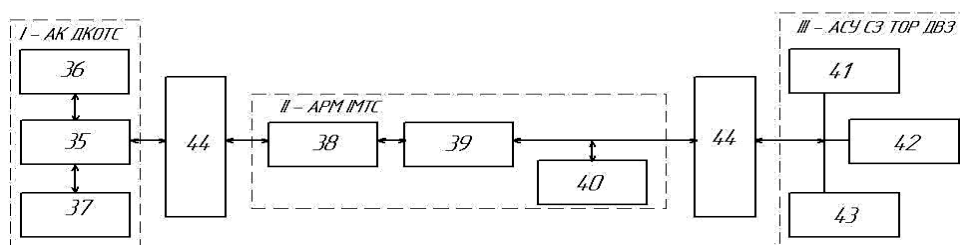


Рисунок 2 – Блок-схема взаємодії елементів системи прогріву ДВЗ з тепловим акумулятором, призначених для здійснення дистанційного автоматизованого контролю і обстеження його технічного стану

В розроблену схему у порівнянні з [11] внесені деякі зміни. Замість одного крана перед радіатором «підки» у схемі [11] в конструкції запропонованої системи передбачено встановлення двох кранів 59 перед і після радіатора «підки» 57 на відповідних трубопроводах 60 і 61. Це зроблено для того, щоб усунути попадання повітря в радіатор «підки» 57 в період зупинки ДВЗ, щоб підвищити надійність і довговічність роботи запропонованої системи, а також для більш надійного відокремлення (теплоізоляції) елементів системи охолодження ДВЗ, коли не потрібно використовувати радіатор «підки» 57. Замість електричного насосу у схемі [11] встановлений електричний програмований насос (насос, що має програмоване керування) системи охолодження 9. Це дозволяє розширити функціональні можливості самого насосу і, відповідно, запропонованої системи, а також дозволяє здійснювати програмований прогрів і підтримання температури охолоджуючої рідини в системі забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ за рахунок зміни швидкості циркуляції охолоджуючої рідини при роботі електричного програмованого насосу системи охолодження 9. Замість одного клапана перед електричним насосом і одного клапана після нього у [11], в конструкції запропонованої системи передбачено відповідно встановлення попарно двох клапанів 6 і 8 з різних кінців трубопроводів, що підводять і відводять охолоджуючу рідину системи охолодження ДВЗ на відповідних трубопроводах до електричного програмованого насосу системи охолодження 9 і до насосу системи охолодження (помпи двигуна) 2. Це зроблено для того, щоб усунути попадання повітря в електричний програмований насос системи охолодження 9 і в насос системи охолодження (помпи двигуна) 2 при їх включенні і відключенні, або зупиненні ДВЗ і відключенні роботи всієї запропонованої системи, для того, щоб підвищити надійність і довговічність роботи запропонованої системи, а також для більш надійного відокремлення (теплоізоляції), або електричного програмованого насосу системи охолодження 9, або насосу системи охолодження (помпи двигуна) 2 при їх відключенні від роботи [12].

Для здійснення автоматичного керування СП двигуна ТЗ з ТА під час пуску і прогріву в структурі інтелектуальних транспортних систем необхідна тісна взаємодія інформації систем *OBD* під час сканування пам'яті бортового комп'ютера та додатково встановлених датчиків. Серед них, датчики температури теплоносіїв в ТА, t , °C (T , K). При цьому запропоновано забезпечити СП двигуна [6, 7] можливість і засобами дистанційного інформування водія (оператора) відомостями про поточний стан температури теплоносіїв та відповідні процеси прогрівання ДВЗ, що здійснюються згідно спеціального алгоритму роботи СП двигуна.

Схема інформаційного обміну і взаємодії між елементами схеми автоматичного керування системою прогріву ДВЗ з ТА в процесі пуску і прогріву (рис. 3), що працює в межах віртуального підприємства [9] у відповідності до рис. 1 і 2. Схема містить ТЗ з ДВЗ, систему прогріву двигуна з ТА зі штатними датчиками, датчиками, що встановлені додатково для вимірювання різних параметрів ТА, ДВЗ, і ТЗ, лінії системи стандарту *OBD-II*, адаптер (сканер) *OBD-II*, контролер сканер-комунікатор (трекер), що зв'язаний з системою прогріву двигуна з ТА через блок керування системою забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ (в подальшому блок керування), який керує електричними програмованими насосами системи охолодження (основнимі додатковим), клапанами байпасу і випускної системи ДВЗ, клапанами і кранами керування: пічкою, системою прогріву, тепловими акумуляторами, підключення до спряженого пристрою за допомогою *USB* або *Wi-Fi*, або *Bluetooth*, бортовий інтелектуальний діагностичний комплекс (ІДК), *GPS*, *a-GPS*,

ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet або локальну мережу, Web-сервер, базу даних, необхідне програмне забезпечення, інтелектуальні програмні комплекси для розрахунку і керування роботоздатністю ТЗ, оперативну інформацію, отриману з (через) Internet, GPS, ГЛОНАСС, SBASi (або) GPRS, учасників процесу випробування і дослідження ДВЗ і ТЗ, автоматизоване робоче місце внутрішньої мережі. ТЗ, ДВЗ, система прогріву двигуна з ТА, штатні датчики, встановлені на ДВЗ і ТЗ, лінії системи стандарту OBD-II утворюють сукупність внутрішніх мереж ТЗ - ВМ ТЗ (рис. 3).

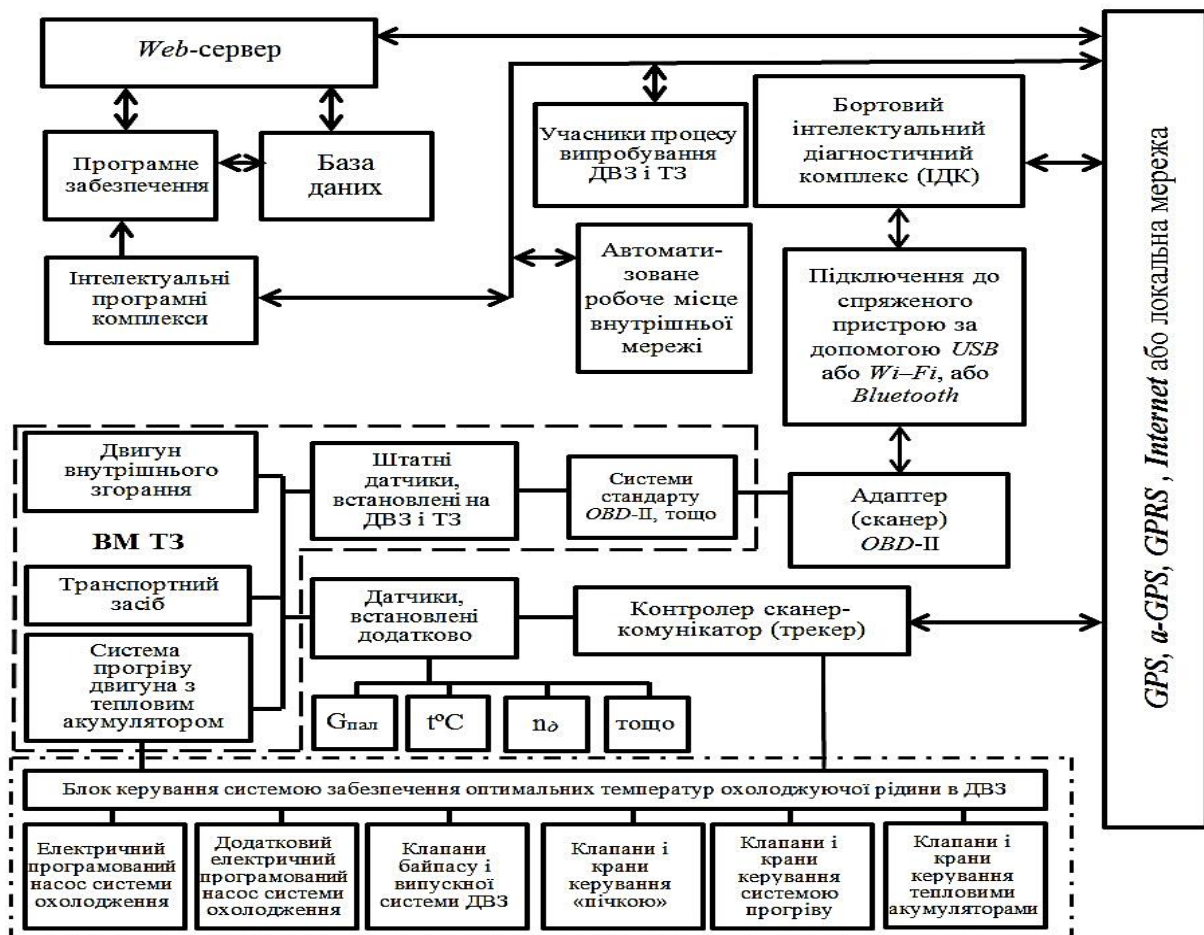


Рисунок 3 – Схема інформаційного обміну між елементами автоматичного керування системою прогріву ДВЗ з тепловим акумулятором в умовах ITS

Для ТЗ, що обладнані системами стандарту OBD-II, за допомогою адаптера (сканера) OBD-II для зчитування інформації про параметри ДВЗ, ТЗ, СП і ТА (рис. 1) сукупності ВМ ТЗ з штатних датчиків, що встановлені на ДВЗ і ТЗ, через адаптер (сканер) OBD-II, отримана інформація, через підключення до спряженого пристрою, за допомогою USB або Wi-Fi, або Bluetooth і ІДК, а для ТЗ, що не обладнані системами стандарту OBD-II, за допомогою контролера сканера-комунікатора (трекера) для зчитування інформації про параметри ДВЗ, ТЗ, СП і ТА (рис. 1) сукупності ВМ ТЗ з датчиків, що встановлені додатково, через контролер сканера-комунікатора (трекера), отримана інформація через GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet або локальну мережу передається в Web-сервер, в базу даних і, в залежності від поставленої задачі в

процесі дослідження роботи двигуна ТЗ з СП і ТА – на автоматизоване робоче місце внутрішньої мережі.

В залежності від підключення (відключення) в роботу автоматизованого робочого місця внутрішньої мереживимірвальний комплекс для дистанційного дослідження роботи ДВЗ транспортного засобу з СП й ТА в процесі пуску і прогріву може працювати в автоматизованому і автоматичному режимах. Різниця полягає в тому, чи буде підключатись інтелектуальні програмні комплекси (рис. 3), а також, чи буде здійснюватись коректування оцінки спектра умов експлуатації ТЗ. В цьому випадку з *Web*-сервера і бази даних отримана інформація передається в програмне забезпечення, а через *GPS*, *a-GPS*, *ГЛОНАСС*, *SBAS*, *GPRS*, *Internet* або локальну мережу в ПК і до учасників процесу випробування і дослідження ДВЗ і ТЗ. Принцип роботи абонентського устаткування ВМ ТЗ, заснований на можливості визначення параметрів ДВЗ ТЗ з СП і ТА, точного визначення місця розташування і стану ТЗ і обміну цією інформацією з автоматизованим робочим місцем внутрішньої мережі. Визначення місця розташування і точного часу виконується *GPRS* приймачем за параметрами, прийнятими від навігаційних супутникових систем.

Для здійснення автоматичного керування системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором сканер-комунікатор (трекер) зв'язується через блок керування системою з системою прогріву двигуна з ТА. Блок керування системою, у відповідності до рис. 1 і 2, керує всіма елементами, що забезпечують автоматичне керування системою прогріву ДВЗ з тепловим акумулятором в умовах *ITS* (показані на рис. 3).

Описана система дозволяє полегшити керування процесами передпускового і подальшого прогріву двигуна ТЗ, що оснащений СП з ТА, в автоматичному і в дистанційному (за допомогою смартфон або планшета) режимі в умовах *ITS*. При цьому за спеціальним алгоритмом здійснюється передпускова підготовка без запуску ДВЗ від СП з ТА і післяпусковий прискорений прогрів до температури охолоджуючої рідини не менше 50°C для забезпечення можливості прийняття зовнішнього навантаження. При цьому виконуються наступні функції: зчитування показів датчиків температури охолоджуючої рідини; проводиться порівняльний аналіз температурних характеристик з метою визначення стану теплоносіїв; відбувається керування системою прогріву, згідно з отриманою інформацією, а саме, здійснює вибір режимів прогріву і відключення відповідних елементів СП в разі збільшення температур теплоносіїв вище встановленої норми.

Випробування електронних блоків на стаціонарній енергетичній установці в умовах лабораторії в ДонІЗТ і на ТЗ в умовах *ITS* показало, що максимальне відхилення спрацьовування автоматичних систем становить $\pm 2,5$ °C, що є повністю достатнім для обладнання системи рекуперації теплової енергії.

Висновок. Розроблене сучасне автоматичне керування системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором є досить універсальне і може використовуватись для здійснення автоматичного і дистанційного пуску і прогріву двигуна в умовах інтелектуальних транспортних систем, як ТЗ, так і стаціонарних енергетичних установок. Випробування розроблених блоків в рамках стендових випробувань на стаціонарній енергетичній установці і на ТЗ показало високу точність спрацьовування системи при змінах температури оточуючого середовища.

Список літератури: 1. Правила експлуатації колісних транспортних засобів. Про затвердження Правил експлуатації колісних транспортних засобів. Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 № 550. 2. Матейчик В.П. Контроль роботи транспортного двигуна з використанням інформаційних технологій / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Гришук // Двигатели внутреннего сгорания // Научно-технический журнал. Харьков: НТУ «ХПИ». – 2013. – №2., с. 27-31. 3. Вашуркин И.О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и

строительных машин зимой / *Ваишуркин И.О.* // СПб.: Наука, 2002. – 145 с.

4. Шульгин В.В. Тепловые аккумуляторы транспортных средств / *В.В.Шульгин* // СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2005. - 268 с.

5. Адров Д.С. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур / *Д.С. Адров, І.В.Грицук, Ю.В. Прилепський і др.* // Збірник наук, праць ДонІЗТ. -2011. - Вип. 27. - С. 117 - 126.

6. Прилепський Ю. В. Автоматизація керування тепловими потоками в теплових накопичувачах ДВЗ будівельних машин / *Ю. В. Прилепський, І. В. Грицук, І. Ф. Рыбалко і др.* // Техніка будівництва. - 2011. - №26. – С. 47-51.

7. Прилепський Ю. В. Розробка системи автоматичного управління теплонакопиченням та передпусковим прогрівом двигуна внутрішнього згорання / *Ю. В. Прилепський, І. В. Грицук, І. Ф. Рыбалко* // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». - Донецьк: ДонНТУ, 2012– Випуск 23 (201), с. 43-48.

8. Власов В. М. Информационные технологии на автомобильном транспорте / *В. М. Власов, А. Б. Николаев, А. В. Постолит, В. М. Приходько; под общ.ред. В. М. Приходько*; МАДИ (Гос. техн. ун-т). – М.: Наука, 2006. - 283 с.

9. Волков В. П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем. Монография / *Под редакцией Волкова В.П. / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я. і др.* // Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2013.–398 с.

10. Патент на винахід № 103729, Україна, МПК (2013.01) F01P 3/22, B60H 1/04, B60K 11/00, «Система забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в двигуні внутрішнього згорання» / *Ю. Ф. Гутаревич, В.П.Матейчик, І.В.Грицук, В.П.Волков, А.О.Каграманян, П.Б.Комов, О.Б.Комов, В.Й. Поддубняк, М.І. Сергієнко, З.І.Краснокутська* // (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т. Державний № ua 103729; заяв.30.10.2012.; опубл.10.04.2013, Бюл. №7.-17с.:іл.

11. Куликов А. «Термос» под капотом / *А.Куликов* // Наука и жизнь. - 1993. - №3. - с.62-64.

12. Грицук І.В. Особливості визначення часу прогріву охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання, оснащеного системою регулювання температури / *Грицук І.В., Гушнін А.М., Прилепський Ю.В., Краснокутська З.І., Адров Д.С.* // Збірник наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ - Донецьк: ДонІЗТ, 2010– Випуск №24, с. 131-143.

Надійшла до редколегії 03.03.2014

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518

Особливості формування автоматичного керування системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором / І. В. Грицук, Ю. В. Прилепський, Д. С. Адров, А. П. Комов, О. В. Предко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 9 (1052). – С. 79-85. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2078-6840.

В статті представлені результати формування автоматичного управління системою прогріву двигуна внутрішнього згорання з тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву. Розроблена система прогріву двигуна внутрішнього згорання дозволяє проводити дистанційне і автоматичне управління роботою і теплової підготовкою двигуна в структурі інтелектуальних транспортних систем.

Ключеві слова: автоматичне управління, теплової акумулятор, отработавшие газы, бортовой інтелектуальний діагностический комплекс, блок управління системою забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в ДВЗ.

Particularities of the shaping the autocontrol by system of the heating of the engine of internal combustion with heat battery / I. V. Gricuk, Yu .V. Prilepsikiy, D. S. Adrov, A. P. Komov, A. V. Predko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2014. – № 9 (1052). – P. 79-85. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2078-6840.

The article presents the results of the automatic control system of forming an internal combustion engine warm with heat storage during the start and warm-up. The developed system of an internal combustion engine warms allows remote control and automatic operation of motor preparation and thermal structure of intelligent transport systems .

Keywords : automatic control , thermal battery , exhaust gases , on-board intelligent diagnostic system , control system ensure optimum coolant temperatures in the combustion engine.