

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518+629.113+656.3.44.083

Д.С. Погорлецький

Херсонька державна морська академія

**ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ПОЛЕГШЕННЯ ПУСКУ ДВИГУНІВ  
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ПРАЦЮЮЧИХ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ**

*В роботі розглянуті відомі засоби полегшення пуску двигунів транспортних засобів (ТЗ) та результати дослідження прогріву ТЗ обладнаного газобалонним обладнанням в умовах експлуатації. Приведені способи полегшення пуску двигунів ТЗ, працюючих на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур. Описана структура вимірального комплексу для дослідження роботи ТЗ з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива і системою теплової підготовки, в умовах експлуатації засобами ITS.*

**Ключові слова.** Транспортний засіб, температура, пуск двигуна, двигун внутрішнього згорання, зріджене газове паливо, вимірний комплекс, фазоперехідний тепловий акумулятор, система моніторингу параметрів технічного стану.

Д.С. Погорлецький

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ  
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, РАБОТАЮЩИХ НА СЖИЖЕННОМ ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ**

*В работе рассмотрены известные средства облегчения пуска двигателей транспортных средств (ТС) и результаты исследования прогрева ТС оборудованного газобаллонным оборудованием в условиях эксплуатации. Приведены способы облегчения пуска двигателей ТС, работающих на сжиженном газовом топливе в условиях низких температур. Описана структура измерительного комплекса для исследования работы ТС с двигателем, оборудованным системой впрыска газового топлива и системой тепловой подготовки, в условиях эксплуатации средствами ITS.*

**Ключевые слова.** Транспортное средство, температура, пуск двигателя, двигатель внутреннего сгорания, сжиженное газовое топливо, измерительный комплекс, фазопереходный тепловой аккумулятор, система мониторинга параметров технического состояния.

D.S. Pogorletsky

**ORGANIZATION OF APPLICATION OF MEANS OF FACILITATING THE START-UP OF  
ENGINES OF VEHICLES OPERATING ON LIQUEFIED GAS FUEL**

*In the paper, known means of facilitating the start-up of vehicle engines (TC) and the results of a vehicle warm-up study equipped with gas-cylinder equipment under operating conditions are discussed. Methods for facilitating the start-up of fuel-gas engines operating on liquefied gas fuel in low-temperature conditions are given. The structure of a measuring complex for the investigation of the operation of a vehicle with an engine equipped with a gas fuel injection system and a thermal preparation system, under the conditions of ITS operation, is described.*

**Keywords.** Vehicle, temperature, engine start, internal combustion engine, liquefied gas fuel, measuring complex, phase-change thermal battery, monitoring system for technical condition parameters.

**Постановка проблеми.** Метою дослідження є урахування особливостей застосування засобів полегшення пуску двигунів транспортних засобів (ТЗ), працюючих на зрідженому газовому паливі при використанні систем теплової підготовки транспортних двигунів у складі фазоперехідних теплових акумуляторів. Дослідження спрямовано на поліпшення паливної економічності та екологічних показників ТЗ шляхом заміни системи живлення з розподілим впорскуванням бензину на газове паливо для забезпечення передпускового і після пускового прогрівання в умовах експлуатації.

Ефективність застосування засобів полегшення пуску двигунів ТЗ, працюючих на зрідженому газовому паливі, а саме фазоперехідного теплового акумулятора (ФТА), напряму залежить від своєчасності і контрольованості теплових процесів, це потребує наявності моніторингу параметрів роботи двигуна ТЗ. Для цього доцільно враховувати інформацію системи OBD (On Board Diagnostic), інформацію отриману скануванням пам'яті електронного блоку керування (ЕБК) ТЗ спеціальними технологічними засобами (за наявності) [1,2].

Умови експлуатації ТЗ, працюючих на зрідженому газовому паливі та навколишнє середовище можуть вносити невизначеність та випадковість вихідних даних, та змінювати характер взаємодії між складовими частинами агрегатів та систем ТЗ. Особливості умов експлуатації ТЗ, які полягають у протяжності, різноманітності і складності, можуть бути автоматизовані в сучасних інформаційних системах засобами інтелектуальних транспортних систем (ITS) [3]. Більшість завдань в процесі автоматизації мають інформаційну складову оцінювання: дорожні умови експлуатації ТЗ, в частині стану і типу дорожнього покриття, їх

моніторинг; прогнозування можливих аварійних ситуацій; транспортні умови в частині насиченості і інтенсивності руху, особливостей режиму і швидкості руху ТЗ; атмосферно-кліматичних умов експлуатації ТЗ тощо.

**Аналіз літературних джерел** показав, що найбільш простим, розповсюдженим та ефективним способом полегшення пуску двигунів транспортних засобів є підігрівання охолоджуючої рідини за допомогою спеціальних пристроїв [4]. Тому можливо вважати, що розробка систем теплової підготовки і адаптація їх до умов експлуатації ТЗ для полегшення пуску транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі, вважається актуальною задачею. Широко відомі три групи передпускових підігрівачів: автономні рідинні, неавтономні електричні та теплові акумулятори фазового переходу. Аналізом також не було виявлено раніше проведених досліджень структури вимірювального комплексу для дослідження роботи транспортного засобу з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива і системою теплової підготовки, в умовах експлуатації засобами ITS і відповідно, не розроблявся для цього вимірювальний комплекс, який забезпечує дистанційний моніторинг параметрів стану ТЗ засобами ITS. У роботах [1,2] представлені конструктивні схеми елементів вимірювального комплексу для автоматичного управління тепло накопиченням та передпусковим прогрівом двигуна внутрішнього згорання. У роботі [3] описано інтелектуальний вимірювальний комплекс для дистанційного керування працездатністю ТЗ в умовах експлуатації, але для роботи газового двигуна ТЗ з тепловим акумулятором в процесі теплової підготовки дослідження комплексу не проводились.

**Виклад основного матеріалу.** У порівнянні з використанням бензину, використання зрідженого нафтового газу в якості палива, у зв'язку з його невисокою вартістю і екологічністю, є економічно вигідним. Недоліком застосування зрідженого газового палива на транспорті є утруднений запуск двигуна ТЗ в умовах експлуатації при низьких температурах навколишнього середовища. Після встановлення газобалонного обладнання (ГБО) на ТЗ відмовитися від використання традиційного палива (бензина) неможливо, адже прогрів відбувається безпосередньо на ньому. Здійснення запуску двигуна ТЗ відразу на газу і його робота в режимі холостого ходу буде некоректна, або навіть не можлива, адже газ повинен випаровуватись, а редуктор-випарник ГБО ще не підігрівся охолоджуючою рідиною з системи охолодження двигуна ТЗ до необхідної температури. Процес пуску двигуна ТЗ, працюючого на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур навколишнього середовища ускладнений тим, що редуктор-випарник газової системи живлення потрібно попередньо підігріти для достатнього випаровування газового палива до температури 40 - 55 °С. Примусова передпускова тепла підготовка двигуна ТЗ за допомогою ФТА до відповідної температури не тільки полегшує його пуск, але і прискорює післяпускове прогрівання, знижуючи знос деталей, а також сприяє зниженню витрати палива на прогрів у післяпусковий період.

Проаналізувавши існуючі в ТЗ засоби і методи визначення параметрів технічного стану, сучасне обладнання та інформаційні можливості ITS, автором запропонований варіант схеми інформаційного обміну між елементами системи вимірювань для здійснення дистанційного дослідження роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива і системою теплової підготовки з ФТА, в умовах експлуатації засобами ITS, що показаний на рис. 1.

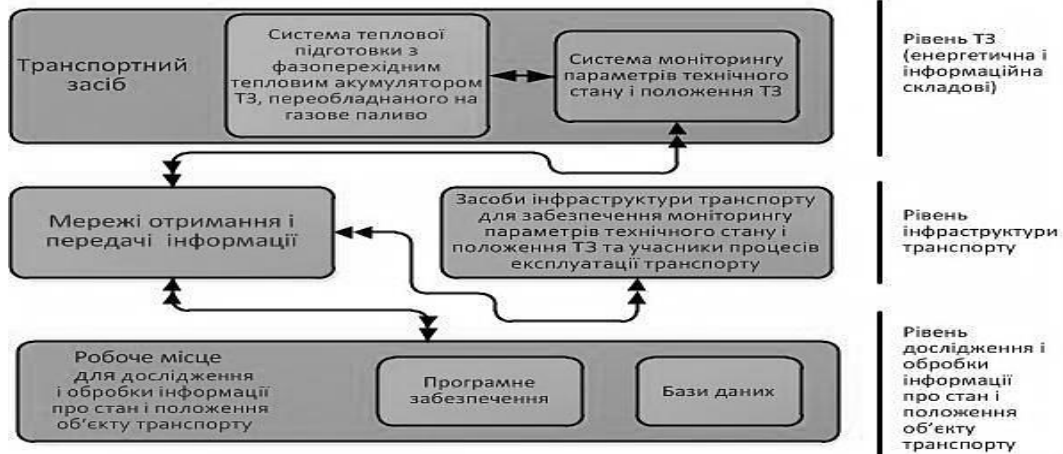


Рис. 1. Схема інформаційного обміну між елементами системи вимірювань для здійснення дистанційного дослідження роботи ТЗ

Особливістю запропонованої схеми є багаторівнева побудова механізму отримання і обробки інформації про параметри технічного стану, в залежності від функціональної належності ТЗ і його параметрів, умов експлуатації [5], особливостей конструкції та засобів інформаційного забезпечення процесів дослідження [3].

На рівні ТЗ (рис. 1) інформаційний обмін здійснюється між елементами електронного блоку керування (ЕБК) транспортного засобу, елементами ЕБК системи впорскування зрідженого газового палива, через OBD - рознімання - з елементами системи моніторингу параметрів технічного стану (СМПТС) і положення ТЗ. Для дослідного ТЗ СМПТС включає в себе: штатні датчики двигуна і ТЗ, штатні датчики системи подачі газового палива, ЕБК транспортного двигуна і ЕБК системи подачі газового палива, лінії системи стандарту OBD-II, адаптер (сканер) OBD-II [2]. За допомогою ліній системи стандарту OBD-II і вказаного вище OBD –роз'єму інформація про параметри технічного стану ТЗ поступає на встановлений в дослідженні адаптер OBD-сканер. В результаті інформаційної взаємодії зі з'єднаним пристроєм, за допомогою Bluetooth, Wi-Fi або USB, з транзитним сервером СМПТС [3] до мереж отримання і передачі інформації рівня інфраструктури транспорту передається отримана від ТЗ інформація.

Для обґрунтування поставленої задачі і способу її вирішення в Херсонській державній морській академії (ХДМА) на кафедрі експлуатації суднових енергетичних установок було проведено експериментальне дослідження. За мету ставилась фіксація процесів прогрівання двигуна ТЗ у змінних умовах експлуатації за варіантами: прогрів зупиненого ТЗ в режимі холостого ходу (х.х.), прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. з підключенням навантаження (електричні споживачі), прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. з підключенням теплообмінника прогріву салону ТЗ (пічки), короткочасний прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. і в русі, прогрів ТЗ в русі. В процесі дослідження фіксувались параметри технічного стану двигуна ТЗ і його положення, а саме температура охолоджуючої рідини системи охолодження, частота обертання, температура повітря на впуску, температура каталізатора тощо. Всього 32 параметри технічного стану. В якості дослідного ТЗ було обрано KIA Magentis 2.0 5МКПП з двигуном G4GC, обладнаного газобалонним обладнанням 4-покоління (газовий редуктор Tomasetto AT-09 Alaska, форсунки Napa, блок керування STAG, температура (за температурою охолоджуючої рідини) запуску газової апаратури 40 °С). Моніторинг параметрів технічного стану проводилась за допомогою розробленого вимірювального комплексу [5]. Загальний вигляд елементів бортової системи моніторингу параметрів технічного стану (СМПТС) і положення ТЗ для дослідження роботи ТЗ, в умовах експлуатації засобами ITS зображені на рис. 2.



а)



б)

**Рис. 2. Загальний вигляд елементів бортової системи моніторингу параметрів технічного стану (СМПТС) і положення ТЗ для дослідження роботи ТЗ, в умовах експлуатації засобами ITS: автомобіль KIA Magentis 2.0 5МКПП (а); бортовий діагностичний сканер - адаптер Scanmaster ELM327 (б)**

Фрагмент звіту (робоче вікно) про результати проведеного дослідження – прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. (2 хвилини) і в русі показаний на рис. 3, результати зміни параметрів технічного стану ТЗ в процесі прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. (2 хвилини) і в русі показані на рис. 4.

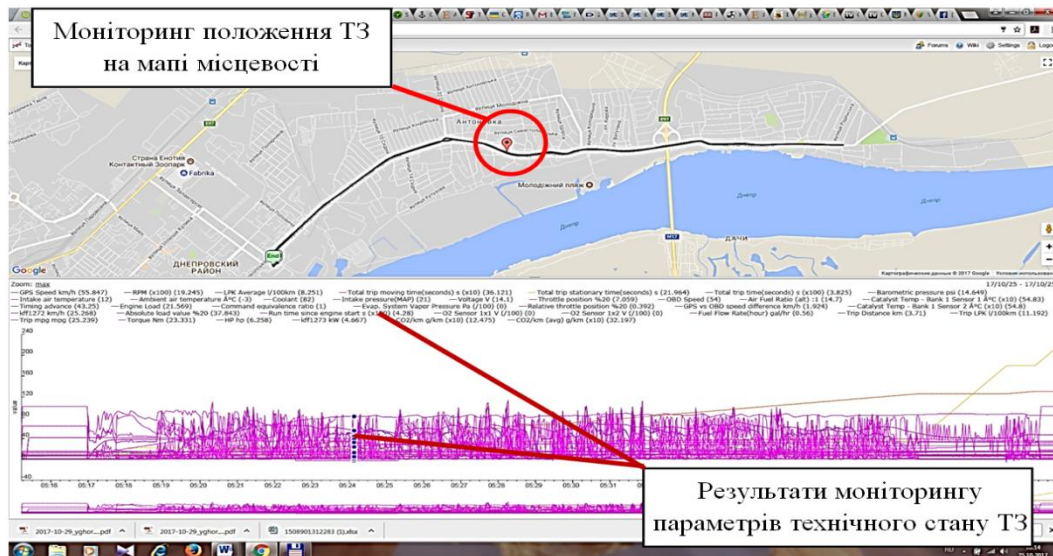


Рис. 3. Фрагмент звіту про результати дослідження прогріву ТЗ засобами моніторингу параметрів технічного стану

В результаті проведеного дослідження, для прикладу, було встановлено, що фактичний час прогріву транспортного двигуна до температури  $85^{\circ}\text{C}$  при температурі навколишнього середовища  $8^{\circ}\text{C}$  (прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. (2 хвилини) і в русі) склав 8,2 хв (рис.4). Експериментально була отримана температура включення газової апаратури на ТЗ в умовах експлуатації  $66^{\circ}\text{C}$ . Аналогічні результати були отримані і при всіх інших варіантах прогрівання ТЗ в умовах експлуатації.

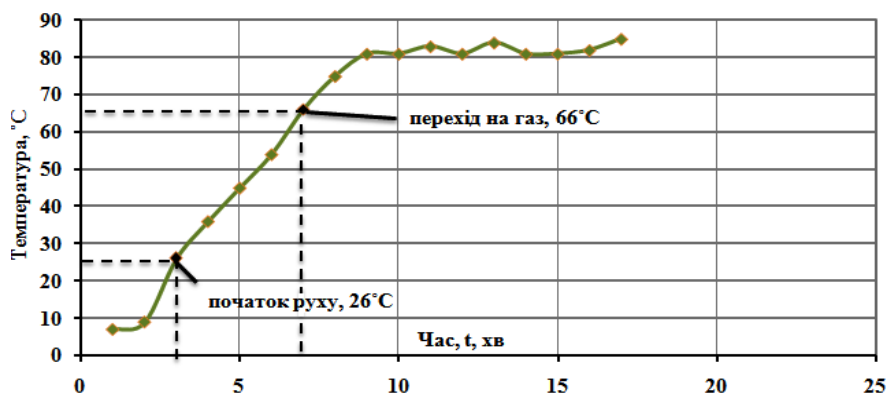


Рис. 4. Результати зміни температури ТЗ в процесі прогріву зупиненого ТЗ

Це дозволяє зробити попередній висновок, що бензинові двигуни транспортних засобів, які обладнанні газобалонним обладнанням 4-го покоління не можуть забезпечити достатнього прогріву усієї системи охолодження двигуна ТЗ для своєчасного переходу на газове паливо (включення системи ГБО). Для забезпечення одночасного з пуском переходу транспортного двигуна на зріджене газове паливо (ГБО 4-го покоління) при низьких температурах навколишнього середовища, вважаємо доцільним застосування в системі охолодження двигуна ТЗ технічних засобів полегшення пуску двигунів працюючих на зрідженому газовому паливі, а також для забезпечення одночасної передпускової і післяпускової теплової підготовки системи охолодження двигуна і газового редуктора-випарника. Звертаючи увагу на отримані експериментальні результати буде доцільним продемонструвати декілька засобів для виконання передпускової і післяпускової теплової підготовки ТЗ працюючих на зрідженому газовому паливі. Рідинні автономні опалювачі фірм «Webasto» і «Eberspächer». Компанією AC S.A. запропоновано підігрівач газового редуктора STAG R01 CS.

В результаті реалізації завдання, поставленого в статті, пропонується у якості засобу полегшення пуску двигунів транспортних засобів, працюючих на зрідженому газовому паливі використання фазоперехідного теплового акумулятора в системі охолодження двигуна ТЗ

працюючого на зрідженому газовому паливі, та за рахунок цього підтримувати температуру системи охолодження при зупиненому транспортному двигуні, в межах обумовлених заводською інструкцією температур газового редуктора, для запуску на зрідженому газовому паливі, тобто не нижче +40...55°C при низьких температурах навколишнього середовища, а при зменшенні температури теплоносія в тепловому акумуляторі - підтримання її у встановлених межах за рахунок теплоти відпрацьованих газів двигуна ТЗ шляхом здійснення його роботи при періодичному чередуванні зупинки та роботи (циклічний режим).

**Висновки.** На основі проведеного дослідження параметрів технічного стану в умовах експлуатації двигунів транспортних засобів, працюючих на зрідженому газовому паливі та способів передпускового прогріву двигунів транспортних засобів з використанням фазоперехідного теплового акумулятора було зроблено висновок, що розробка та використання подібних систем моніторингу і прогріву транспортних двигунів є перспективним для використання на транспорті. Обґрунтовано склад системи моніторингу параметрів технічного стану і положення для дослідження роботи транспортного засобу, обладнаного системою впорскування газового палива і системою теплової підготовки на основі фазоперехідного теплового акумулятора, з можливістю дистанційної реєстрації і виводу отриманих результатів на віддалений комп'ютер засобами ITS при проведенні експериментальних досліджень.

1. Волков В.П., Мырхалыков Ж.У., Грицук И.В., Никонов О.Я., Сатаев М.И., Волков Ю.В., Саипов А.А. Интеллектуальные и телематические технологии на транспорте / Под ред. доктора технических наук. профессора В.П. Волкова – Шымкент: Изд-во ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2016. – 508 с.

2. Интеллектуальные системы управления работоспособностью автомобилей / В.П. Волков, В.П. Матейчик, И.В. Грицук, Ю.В. Волков / Под редакцией Волкова В.П. – Харьков: Майдан, 2016. – 504 с.

3. Гутаревич Ю.Ф. Обґрунтування структури вимірювального комплексу для дослідження роботи двигуна внутрішнього згорання транспортного засобу з системою прогріву й тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву / Ю.Ф.Гутаревич, Грицук І.В., Адров Д.С., Комов А.П., ТРІФОНОВ Д.М. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 10 (1053). – с.55-62.

4. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів: монографія / В.Д. Александров, Ю.Ф. Гутаревич, І.В. Грицук, Ю.В. Прилепський, В.А. Постніков, А.М. Гушин, Д.С. Адров, В.С. Вербовський, З.І. Краснокутська – Донецьк: Вид-во «Ноулідж» (Донецьке відділення), 2014.- 230 с.

5. Грицук І.В. Особливості формування предметної області і інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації / І.В. Грицук, Т.П. Білоусова, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков // Вісник Херсонського національного технічного університету, №3 (62), т.1, Херсон, 2017 - С. 302-306