

И.В. Грицук, Д.С. Погорлецкий, Р.В. Симоненко, И.В. Худяков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОЙ ПОДГОТОВКИ ДВИГАТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, ОСНАЩЕННОГО СИСТЕМАМИ ПОДАЧИ БЕНЗИНА И СЖИЖЕННОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Представлены результаты экспериментальных исследований системы тепловой подготовки бензинового двигателя транспортного средства, нагрев которого до рабочих температур осуществляется на бензине, а последующая эксплуатация на сжиженном нефтяном газе. Основным элементом системы тепловой подготовки является тепловой аккумулятор фазового перехода. Решаемая задача исследования - минимизировать время тепловой подготовки бензинового двигателя транспортного средства и, следовательно, снизить расход бензина в режимах прогрева. Для обеспечения дистанционной регистрации параметров транспортного средства и управления процессами тепловой подготовки разработана и использовалась информационная система мониторинга и управления процессами тепловой подготовки двигателя транспортного средства с тепловым аккумулятором. При проведении исследований использовалось транспортное средство с бензиновым двигателем, с дополнительно установленной газовой аппаратурой. Использование теплового аккумулятора фазового перехода в системе тепловой подготовки бензинового двигателя транспортного средства (работающего как на бензине, так и на сжиженном газовом топливе,) подтвердило существенное улучшение топливной экономичности. Для этого тепловая подготовка двигателя должна проводиться непосредственно перед запуском от дополнительного источника тепла до температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения до 50 °С. Результаты исследований подтвердили возможности исследуемой системы для значительного сокращения времени тепловой подготовки и уменьшения расхода топлива бензинового двигателя транспортного средства, работающего на бензине и сжиженном газовом топливе, в условиях эксплуатации. Тепловой аккумулятор фазового перехода в системе тепловой подготовки бензинового двигателя транспортного средства (работающего как на бензине, так и на сжиженном газовом топливе) сокращает время на нагрев охлаждающей жидкости до 50 °С, и расход бензина для обеспечения перехода на газовое топливо при использовании различных режимов (вариантов) тепловой подготовки в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: тепловая подготовка; тепловой аккумулятор; транспортный двигатель.

Введение

Целью проведенного исследования является учет конструктивных особенностей бензинового двигателя транспортного средства и используемой газовой аппаратуры для осуществления его тепловой подготовки с целью снижения расхода топлива и улучшения экологических показателей в условиях эксплуатации. Для проведения исследований использовалось транспортное средство с двигателем с распределенным впрыском бензина, с установленной газовой аппаратурой, также оборудованной распределенным впрыском и тепловым аккумулятором фазового перехода.

В результате исследования необходимо было решить проблему сокращения времени тепловой подготовки транспортного двигателя для перехода на газовое топливо (включение подачи газового топлива). При этом нужно было, чтобы при запуске двигателя вместо жидкого топлива сразу же подавалось газовое топливо. Тепловая подготовка двигателя должна проводиться непосредственно перед запуском от дополнительного источника тепла до температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения до 50 °С от теплового аккумулятора.

Анализ состояния проблемы

Среди основных проблем эффективной эксплуатации двигателей внутреннего сгорания важ-

ное место занимает их предпусковая тепловая подготовка. Это особенно важно для обеспечения работоспособности транспортных двигателей, работающих на сжиженном газовом топливе при низких температурах окружающей среды [1-5].

Проведенные ранее экспериментальные и теоретические исследования тепловой подготовки двигателя транспортного средства с помощью теплового аккумулятора для улучшения эффективности запуска были описаны в работах авторов [1-3 и др.]. Однако исследования, направленные на определение возможности запуска бензинового двигателя транспортного средства с последующей работой на газовом топливе в условиях эксплуатации, не проводились. Также отсутствует информация об изменении температур в различных контурах системы охлаждения транспортного двигателя в процессах тепловой подготовки. Полученные результаты позволили бы рекомендовать изготовителям или специалистам по монтажу газовой аппаратуры место рациональной установки газового редуктора газовой системы питания и теплового аккумулятора фазового перехода для обеспечения качественной тепловой подготовки двигателя транспортного средства. Поэтому, можно считать актуальной задачу по исследованию и разработке мероприятий для использования системы тепловой подготовки

на основе теплового аккумулятора фазового перехода на двигателе транспортного средства. Кроме этого необходимо решить задачу обеспечения скорейшего перехода с бензина на газ после пуска, уменьшение времени на нагрев охлаждающей жидкости, а также снижения расхода топлива в условиях эксплуатации.

Пути решения проблемы

Особенность работы транспортного средства, оборудованного газовой аппаратурой, заключается в следующем. Двигатель транспортного средства запускается на жидком топливе (на бензине). После прогрева охлаждающей жидкости до + 45 - 50 °С производится переключение двигателя на питание газовым топливом [5].

Задача исследования состоит в нахождении способа и средств тепловой подготовки, а также разработки технических рекомендаций для обеспечения запуска двигателя транспортного средства, оборудованного газовой аппаратурой на газовом топливе. В этом случае в использовании жидкого топлива (бензина) для прогрева до температуры перехода на газовое топливо не будет необходимости. Двигатель практически сразу же после пуска сможет работать на газовом топливе и использоваться для передвижения транспортного средства и принятия нагрузки [1-10].

Экспериментальные исследования тепловой подготовки проводилось на бензиновом двигателе G4GC (4FS 8.2/9.35) автомобиля KIA CEE'D 2.0 5MT2. Для проведения экспериментальных исследований двигатель дополнительно был оснащен комплектом газобаллонного оборудования 4-поколения (инжекционным газовым редуктором Tomasetto AT-09 Alaska, форсунками Hana, блоком управления STAG), температура запуска газовой аппаратуры (по температуре охлаждающей жидкости) установлена +45 °С. Тепловая подготовка двигателя осуществлялась при помощи установки теплового аккумулятора с фазово-переходным теплоаккумулирующим материалом [1,2,4]. При выполнении исследований процессов тепловой подготовки транспортного двигателя, оборудованного системой впрыска газового топлива в условиях эксплуатации, также необходима регистрация параметров эксплуатации транспортного средства: расхода топлива, температур технологических жидкостей (в различных частях системы охлаждения), времени тепловой подготовки, частоты вращения двигателя, скорости и положения транспортного средства в пространстве (на карте местности) и другие.

Для осуществления дистанционного мониторинга транспортного средства в режиме реального

времени использовалась система, разработанная авторами и описанная ранее в [1,4,10,13,14]. Для мониторинга процессов тепловой подготовки использовалась дополнительная система мониторинга на основе изготовленных авторами датчиков для измерения температур теплоносителей в системе охлаждения двигателя транспортного средства, трекера и системы коммуникаций [12, 13,14].

Результаты экспериментальных исследований

Обмен информацией в системе мониторинга осуществлялся через сети получения и передачи информации, а именно GPS, A-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet или локальную сеть. В память регистрационного центра системы мониторинга закладывались параметры состояния транспортного средства и транспортного двигателя. Некоторые результаты проведения измерений параметров работы транспортного двигателя при работе на жидком нефтяном топливе с использованием адаптера (сканера) OBD-II транспортного средства описаны и показаны в [1-14]. Экспериментальное исследование транспортного средства проводилось в температурном диапазоне от -20 °С до +20 °С в условиях окружающей среды.

На первом этапе ставилась задача установить экспериментальным путем температуры в различных контурах системы охлаждения и их соответствия началу подачи газа. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшем установить рациональное место размещения газового редуктора и теплового аккумулятора фазового перехода, чтобы обеспечить качественную тепловую подготовку транспортного двигателя в условиях эксплуатации. На рис. 1 показаны результаты измерения температур в контурах системы охлаждения транспортного двигателя и момент переключения с жидкого нефтяного топлива на подачу газового топлива.

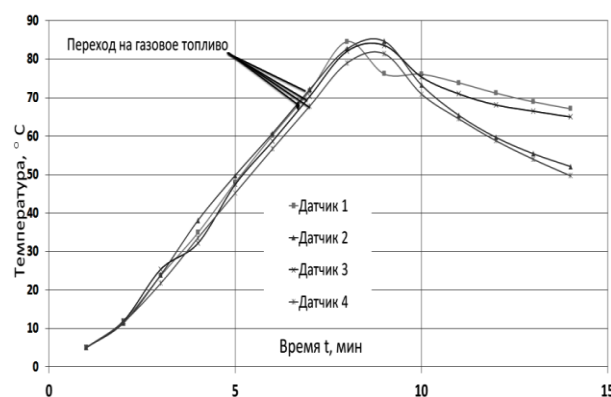


Рис. 1. Результаты измерения температур в контурах системы охлаждения двигателя транспортного средства

Места установки датчиков температуры в системе охлаждения транспортного двигателя, работающего на сжиженном газовом топливе, были выбраны для осуществления соответствующего анализа температур охлаждающей жидкости в различных его контурах. Среди них: датчик 1 – на выходе из блока цилиндров ДВС; датчик 2 – вход радиатора обогревателя салона; датчик 3 – патрубок дроссельной заслонки; датчик 4 – патрубок газового редуктора. В результате проведения экспериментальных исследований было обнаружено, что быстрее прогревается охлаждающая жидкость на выходе из блока цилиндров ДВС (датчик №1), затем радиатор обогревателя салона (датчик №2), а за ним - дроссельная заслонка (датчик №3).

По результатам экспериментальных исследований были рекомендованы установка и подключение:

- газового редуктора - на выходе из блока цилиндров транспортного двигателя. В этом случае прогрев газового редуктора может осуществляться сразу же после прогрева двигателя и температура в нем будет не существенно отличаться от температуры охлаждающей жидкости в ДВС;

- теплового аккумулятора фазового перехода для предпускового прогрева ДВС транспортного средства и поддержания заданной температуры системы охлаждения – на входе в блок цилиндров транспортного двигателя по ходу циркуляции охлаждающей жидкости. Это обеспечит в условиях эксплуатации одновременный системный прогрев как блока цилиндров, так и газового редуктора, что, в свою очередь, обеспечивает своевременный переход системы питания на сжиженное газовое топливо. Также было установлено, что фактическое время прогрева транспортного двигателя до температуры 85 °С при температуре окружающей среды 5 °С (прогрев в режиме неподвижного транспортного средства в режиме х.х.) составило 1370 секунд или 22,5 минуты.

Кроме этого были определены температуры включения газовой аппаратуры на исследуемом транспортном средстве в различных условиях эксплуатации. Эти значения достигли 55...68 °С (рис. 2). При этом следует учитывать, что запрограммированная температура перехода на питание ДВС сжиженным газовым топливом в блоке управления системой ГБО установлена +45 °С. Аналогичные результаты были получены при многократных экспериментальных исследованиях и при всех других вариантах прогрева ТС в условиях эксплуатации. Полученные результаты подтверждают факт инерционности изменения температур в системе охлаждения транспортного двигателя. Таким образом,

подтверждается положение о том, что для получения своевременного переключения на газовое топливо в системе охлаждения транспортного двигателя целесообразно иметь принудительный дополнительный нагреватель. В процессе обработки результатов изменения параметров технического состояния двигателя транспортного средства в экспериментальных исследованиях были получены результаты расхода топлива в зависимости от варианта прогрева транспортного средства при работе как от нефтяного, так и от сжиженного газового топлива. Приводим, для примера, результаты только одного испытания двигателя транспортного средства при +5 °С окружающей среды в различных режимах (вариантах) тепловой подготовки в условиях эксплуатации.

Первый вариант - это тепловая подготовка неподвижного транспортного средства в режиме холостого хода:

- Работа двигателя на бензине до температуры 50 °С составляет - 282 секунды, расход топлива за этот период - 169 грамм;

- Работа двигателя на газе и бензине до температуры 85 °С составляет 1370 секунд, суммарный расход топлива за этот период - 576 грамм;

- Переход на газовое топливо произошел при 55 °С, расход бензина за период работы двигателя - 322 секунды составил - 192 грамм;

- Работа двигателя на газовом топливе составила 1048 секунд, расход топлива за этот период - 384 грамм;

- Если двигатель будет переходить на газовое топливо при 50 °С, его работа на газовом топливе составит 1088 секунд, расход топлива за этот период - 407 грамм. Экономия во времени прогрева (при подключении впрыска газового топлива) может составить - 23 грамма бензина.

Второй вариант - это тепловая подготовка неподвижного транспортного средства в режиме холостого хода с подключением электрических потребителей нагрузки и с подключением теплообменника прогрева салона:

- Работа двигателя на бензине до температуры 50 °С составила – 260 секунд, расход топлива за этот период - 166 грамм;

- Работа двигателя на газе и бензине до температуры 85 °С составляет 1252 секунд, суммарный расход топлива за этот период - 588 грамм;

- Переход на газовое топливо произошел при 57 °С, расход бензина за период работы двигателя 329 секунд составила - 0,201033 кг. (201 грамм);

- Работа двигателя на газовом топливе составила 923 секунды, расход топлива за этот период - 387 грамм;

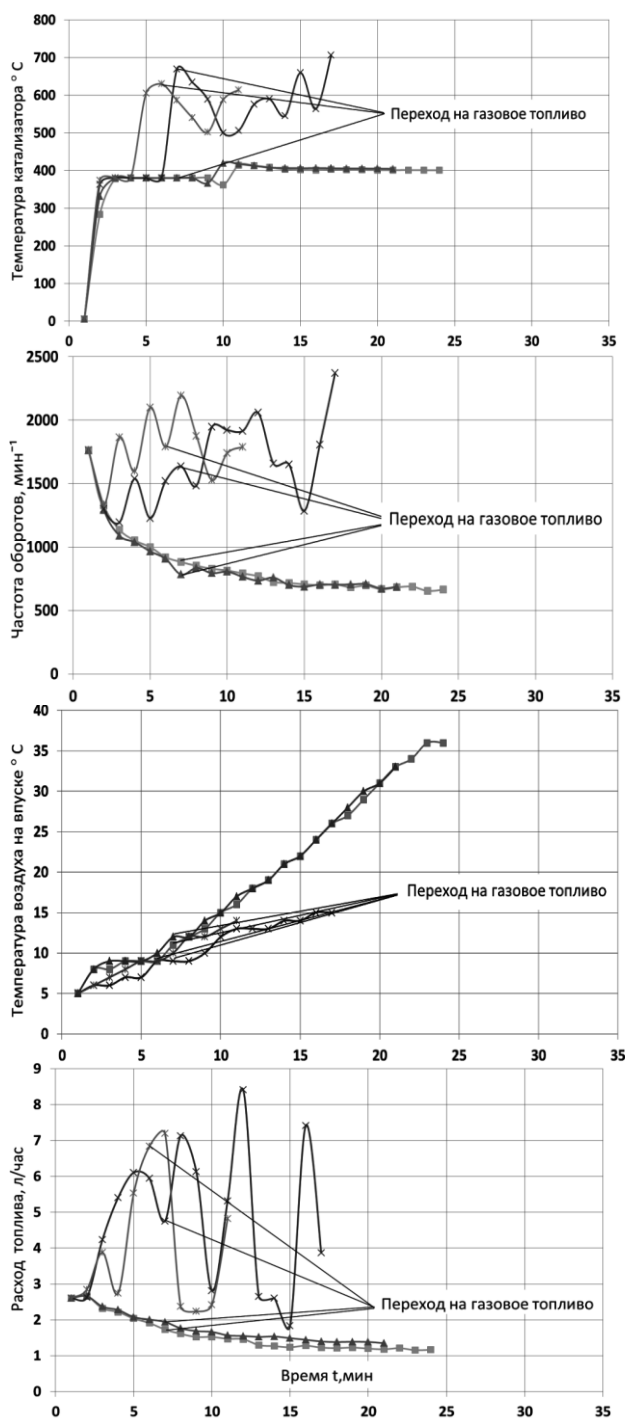


Рис.2. Изменение основных параметров двигателя транспортного средства, характеризующих процессы его тепловой подготовки при $t_{oc} = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Если двигатель будет переходить на газовое топливо при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, его работа на газовом топливе составит 992 секунды, расход топлива за этот период - 422 грамм. Экономия во времени прогрева (при подключении впрыска газового топлива) может составить - 35 г бензина.

Третий вариант - это тепловая подготовка неподвижного транспортного средства в режиме холостого хода и в движении:

- Работа двигателя на бензине до температуры $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет - 239 секунд, расход топлива за этот период - 185 грамм;

- Работа двигателя на газе и бензине до температуры $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ составила 482 секунды, суммарный расход топлива за этот период - 522 грамм;

- Переход на газовое топливо произошел при $66\text{ }^{\circ}\text{C}$, расход бензина за период работы двигателя 341 секунда составила - 0,312344 кг. (312 грамм);

Работа двигателя на газовом топливе составила 161 секунду, расход топлива за этот период - 210 грамм;

- Если двигатель будет переходить на газовое топливо при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, его работа на газовом топливе составит 243 секунды, расход топлива за этот период - 337 грамм. Экономия во времени прогрева (при подключении впрыска газового топлива) может составить - 127 грамма бензина.

Четвертый вариант - это тепловая подготовка транспортного средства в движении (прогрев в движении):

- Работа двигателя на бензине до температуры $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ составила - 221 секунду, расход топлива за этот период - 195 грамм;

- Работа двигателя на газе и бензине до температуры $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ составила 528 секунд, суммарный расход топлива за этот период - 616 грамм;

- Переход на газовое топливо произошел при $69\text{ }^{\circ}\text{C}$, расход бензина за период работы двигателя 311 секунд составила - 0,365304 кг. (365 грамм);

- Работа двигателя на газовом топливе составила 217 секунд, расход топлива за этот период - 251 грамм;

- Если двигатель будет переходить на газовое топливо при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, его работа на газовом топливе составит 307 секунд, расход топлива за этот период - 421 грамм. Экономия во времени прогрева (при подключении впрыска газового топлива) может составить - 170 грамм бензина.

Графическое изображение результатов измерения расхода топлива в зависимости от вида (варианта) тепловой подготовки показано на рис. 3, результатов затраченного времени тепловой подготовки - на рис. 4, в зависимости от вида (варианта) тепловой подготовки в условиях эксплуатации.

На рис. 5 показаны результаты изменения времени тепловой подготовки транспортного двигателя до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ от изменяемой температуры окружающей среды в зависимости от вида (варианта) тепловой подготовки в условиях эксплуатации. Полученные результаты экспериментального исследования подтверждают утверждение авторов, что использование теплового аккумулятора в системе охлаждения транспортного двигателя может быть весьма актуальным и особо полезным для транспортных средств, оборудованных системами подачи газового сжиженного топлива.

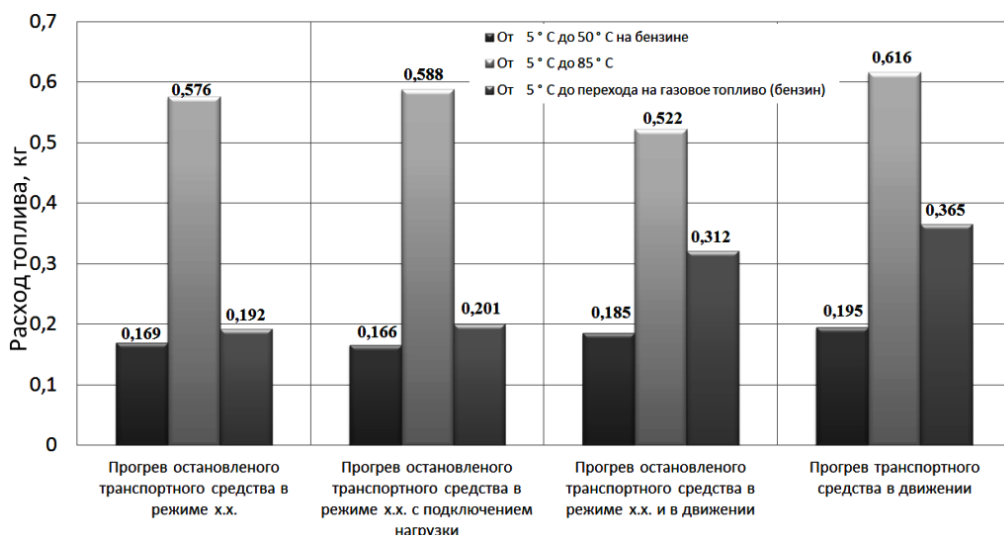


Рис. 3. Результати зміни витрати палива в залежності від виду теплової підготовки двигателя транспортного средства

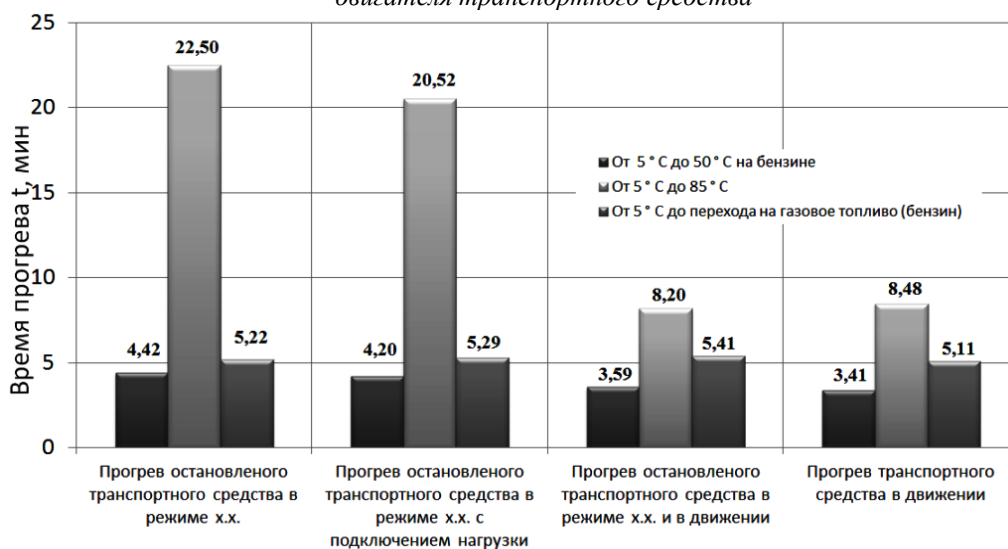


Рис. 4. Результати зміни часу теплової підготовки в залежності від виду прогріва двигателя транспортного средства



Рис. 5. Результати зміни часу теплової підготовки двигателя транспортного средства до +55 °С, від змінюваної температури оточуючої середовища в залежності від виду (варіанта) теплової підготовки

В табл. (столбцы 2 и 3) для температуры окружающей среды +5 °С для сравнения приведены параметры, характеризующие затраты времени и расход топлива на обеспечение тепловой подготовки системы охлаждения двигателя транспортного средства для рассмотренных вариантов прогрева. Кроме этого, в табл. 1 (столбцы 4 и 5) показаны результаты использования теплового аккумулятора фазового перехода для осуществления тепловой подготовки в зависимости от вариантов их реализации. Особенность осуществления тепловой подготовки заключается в том, что для всех возможных вариантов достаточно обеспечить тепловую подготовку всей охлаждающей жидкости в блоке цилиндров, контуре дросселя, теплообменника (печки) салона транспортного средства и газового редуктора. Такой вид тепловой подготовки обеспечивает равномерный прогрев всех элементов теплообмена и гарантирует, после запуска двигателя

на бензине, переключение на подачу газового сжиженного топлива. Это, в свою очередь, гарантирует экономию бензина на прогрев двигателя. В целом, использование теплового аккумулятора фазового перехода в системе тепловой подготовки транспортного двигателя G4GC (работающего на бензине и на сжиженном газовом топливе) автомобиля KIA CEE'D 2.0 5MT2 только при 5 °С окружающей среды сокращает время на нагрев охлаждающей жидкости до 50 °С на 20,6 – 49,6% и расход бензина для обеспечения перехода на газовое топливо на 29,3 – 35,4%, соответственно.

Исследования проводились для различных температур окружающей среды. Результаты исследований показали существенные возможности в условиях эксплуатации для значительного сокращения времени тепловой подготовки и уменьшения расхода топлива двигателя, работающего на бензине и на сжиженном газовом топливе.

Таблица. Сравнение параметров, характеризующих экономию времени и расход топлива на прогрев двигателя G4GC автомобиля KIA CEE'D 2.0 при различных вариантах прогрева

Вид (вариант) тепловой подготовки		Тепловая подготовка штатного транспортного двигателя		Тепловая подготовка транспортного двигателя, оборудованного тепловым аккумулятором фазового перехода	
Тепловая подготовка неподвижного транспортного средства в режиме холостого хода		от 5 °С до 55 °С бензин	от 55 °С до 85 °С газ	от 5 °С до 50 °С бензин	от 50 °С до 85 °С газ
1	время, мин.	5,22	17,28	4,42 / с ТА -	18,8
	топливо, кг.	0,192	0,384	0,169 / с ТА -	0,407
Тепловая подготовка неподвижного транспортного средства в режиме холостого хода с подключением электрических потребителей нагрузки и с подключением теплообменника прогрева салона		от 5 °С до 57 °С бензин	от 57 °С до 85 °С газ	от 5 °С до 50 °С бензин	от 50 °С до 85 °С газ
2	время, мин.	5,29	15,23	4,20 / з ТА -	16,32
	топливо, кг.	0,201	0,387	0,166 / с ТА -	0,422
Тепловая подготовка не подвижного транспортного средства в режиме холостого хода и в движении		от 5 °С до 66 °С бензин	от 66 °С до 85 °С газ	от 5 °С до 50 °С бензин	от 50 °С до 85 °С газ
3	время, мин.	5,41	2,41	3,59 / с ТА -	4,3
	топливо, кг.	0,312	0,210	0,185 / с ТА -	0,337
Тепловая подготовка транспортного средства в движении (прогрев в движении)		от 5 °С до 69 °С бензин	от 69 °С до 85 °С газ	от 5 °С до 50 °С бензин	от 50 °С до 85 °С газ
4	время, мин.	5,11	3,37	3,41 / с ТА -	5,7
	топливо, кг.	0,365	0,251	0,195 / с ТА -	0,421

Выводы

В процессе проведенных экспериментальных исследований определены места установки в системе охлаждения транспортного двигателя газового редуктора и теплового аккумулятора фазового перехода. Также были экспериментально получены результаты существенной экономии топлива и времени тепловой подготовки благодаря использованию теплового аккумулятора фазового перехода в транспортном средстве до и после запуска двигателя транспортного средства.

Использование теплового аккумулятора фазового перехода в системе тепловой подготовки двигателя G4GC (4FS 8.2/9.35) автомобиля KIA CEE'D 2.0 5MT2 (работающего как на бензине, так и на сжиженном газовом топливе) только при 5 °С окружающей среды сокращает время на нагрев охлаждающей жидкости до 50 °С на 20,6–49,6% и расход бензина для обеспечения перехода на газовое топливо на 29,3–35,4%, соответственно, при использовании различных режимов тепловой подготовки в условиях эксплуатации.

Эксплуатационный режим тепловой подготовки неподвижного транспортного средства в режиме холостого хода и в движении является наиболее рациональным с точки зрения компромисса между временем тепловой подготовки автомобильного двигателя от теплового аккумулятора и расстоянием, необходимым для прогрева транспортного средства в движении, расходом топлива и обеспечением переключения на потребление газового топлива сразу после пуска.

Снижение выбросов отработавших газов автотранспортного двигателя при работе на бензине и на сжиженном газовом топливе с использованием теплового аккумулятора фазового перехода требует дополнительных исследований.

Список литературы:

1. Gritsuk I. *Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator* / I. Gritsuk, Y. Gutarevych, V. Mateichyk, V. Volkov // SAE Technical Paper. – 2016. – 2016-01-0204, <https://doi.org/10.4271/2016-01-0204>. 2. Адров Д. С. Тепловый аккумулятор как засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур / Д. С. Адров, І. В. Грицук, Ю. В. Прилепський, В. І. Дорошко // Зб. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. – Донецьк : ДонІЗТ, 2011. – № 27. – С. 117–126. 3. Volkov V. P. ICE heating systems: the basics of functioning / V. P. Volkov, I. V. Gritsuk, Yu. F. Gutarevych, V. D. Aleksandrov, V. Yo. Poddubnyak, Yu. V. Prilepskiy, P. B. Komov, D. S. Adrov, V. S. Verbovskiy, Z. I. Krasnokutskaya, T. V. Volkova. – Donetsk : Landon-XXI, 2015. – 314 p. 4. Gritsuk I. *Features of Modeling Thermal Development Processes of the Vehicle Engine*

Based on Phase-Transitional Thermal Accumulators / I. Gritsuk, V. Mateichyk, V. Aleksandrov, Y. Prilepskiy, et al. // SAE Technical Paper. – 2019. – 2019-01-0906, <https://doi.org/10.4271/2019-01-0906>. 5. Инструкция по монтажу подогревателя редукторов AC R01 CS // Электронное научное специализированное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.ac.com.pl/pl-centrum-pobrans-chematyr01?file_id=2113&ph_kontener_glowny_B_start=file.-19. 03. 2020. 6. Aleksandrov V. *Phase Transition Heat Accumulators for Vehicles: The Parameters of Working Processes* : monograph / V. Aleksandrov, I. Gritsuk et al., – Donetsk : Publishing House «Knowledge», 2014. – 230 p. 7. Shulgin V. V. *Vehicular thermal accumulators* / V. V. Shulgin. – SPb. : Publishing Polytechnic University Press, 2005. – 268 p. 8. Vashurkin I. O. *Thermal development and start of ICE of mobile vehicles and construction machinery in winter* / I. O. Vashurkin. – Sant-Peterburg : Nauka Publ., 2002. – 145 p. 9. Beckman G. *Thermal accumulation of energy* / G. Beckman, P. Gilly. – Moscow : World Publ., 1987. – 256 p. 10. Gritsuk I. V. *The development and the study of the combined heating system of engines and vehicles* / I. V. Gritsuk. – Kharkiv : Herald of Kharkiv National Automobile and Highway University, 2015. – 32 p. 11. Gritsuk I. *Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions* / I. Gritsuk, V. Volkov, V. Mateichyk, Y. Gritsuk, et al. // SAE Technical Paper. – 2018. – 2018-01-0024, <https://doi.org/10.4271/2018-01-0024>. 12. Gritsuk I. *The Evaluation of Vehicle Fuel Consumption and Harmful Emission Using the Heating System in a Driving Cycle* / I. Gritsuk, V. Volkov, V. Mateichyk, Y. Gutarevych, et al. // SAE Int. J. Fuels Lubr. – 2017. – 10(1):236-248, <https://doi.org/10.4271/2017-26-0364>. 13. Погорлецький Д. Структура вимірювального комплексу для дослідження роботи транспортного засобу з двигуном, обладнанням системою впорскування газового палива, в умовах експлуатації засобами ITS / Д. Погорлецький // Системи і засоби транспорту. Проблеми експлуатації і діагностики : монографія / Blatnický Miroslav, Dižo Ján, Gerlici Juraj та ін.; за наук. ред. проф. Грищука Ігоря. – Херсон : ХДМА, 2019. – С. 383–394. 14. Погорлецький Д. С. Особливості теплової підготовки транспортного двигуна в умовах експлуатації / Д. С. Погорлецький, В. П. Матейчик, А. П. Полівінчук, М. В. Володарець, М. П. Цюман // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. – Вип. 19. – Т. 4. – С. 286. 15. Грицук І. В. Особливості формування системи теплової підготовки двопаливних транспортних засобів, працюючих на рідкому нафтовому паливі і зрідженому нафтовому газі / І. В. Грицук, Д. С. Погорлецький, Р. В. Симоненко // Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту [Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції] : збірник наукових праць. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – С. 112. 16. Все разнообразие предпусковых подогревателей двигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://avto-motostuchki.ru/avtotekhnika/208-podogrev-dvigatelya.html>. – Дата звернення 19.03.2020. 17. Karnauhov N. N. *Thermal accumulator for maintaining ICE start temperature of construction machinery in winter* / N. N. Karnauhov, I. A. Pustovalov, A. V. Yarkin // Motor transport enterprise. – 2010. – P. 45–48. 18. Vashurkin I. O. *Thermal development and start of ICE of mobile vehicles and construction machinery in winter* / I. O. Vashurkin. – Sant-Peterburg : Nauka Publ.,

2002. – 145 p. 19. Shulgin V. V. Engine pre-start heating system with thermal accumulator for city buses / V. V. Shulgin // City traffic engineering and traffic safety. – SPb. : Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2002. – P. 372–375.

Bibliography (transliterated):

1. Grytsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., Volkov, V. (2016), "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator" SAE Technical Paper. 2016-01-0204, <https://doi.org/10.4271/2016-01-0204>. 2. Adrov, D. S., Grytsuk, I.V., Prilepsky, Yu. V., Doroshko, V. I. (2011), "Heat accumulator as a means of increasing the efficiency of starting a stationary engine at low temperatures" Coll. Science. works DonI ZT UkrDAZT. ["Teplovyy akumuliyator yak zasib pidvyshchennia efektyvnosti pusk statsionarnoho dvyhuna v umovakh nizkykh temperature" Zb. nauk. prats DonI ZT UkrDAZT] Donetsk : DonI ZT, P. 117–126. 3. Volkov, V. P., Grytsuk, I. V., Gutarevych, Yu. F., Aleksandrov, V. D., Poddubnyak, V. Yo., Prilepskiy, Yu. V., Komov, P. B., Adrov, D. S., Verbovskiy, V. S., Krasnokutskaya, Z. I., Volkova, T. V. (2015). ICE heating systems: the basics of functioning, Landon-XXI, Donetsk, 314 p. 4. Grytsuk, I., Mateichyk, V., Aleksandrov, V., Prilepsky, Y. et al. (2019), "Features of Modeling Thermal Development Processes of the Vehicle Engine Based on Phase-Transitional Thermal Accumulators" SAE Technical Paper, 2019-01-0906, <https://doi.org/10.4271/2019-01-0906>. 5. "Assembly instruction for gearbox heater AC R01 CS", available at : https://www.ac.com.pl/pl-centrum-pobran-schematy01?file_id=2113&ph_kontener_glowny_B_start=file. – 19.03.2020. 6. Aleksandrov, V., Grytsuk, I. et al. (2014), Phase Transition Heat Accumulators for Vehicles: The Parameters of Working Processes : monograph, Publishing House «Knowledge», Donetsk, 230 p. 7. Shulgin, V. V. (2005), Vehicular thermal accumulators, Publishing Polytechnic University Press, Sant-Peterburg, 268 p. 8. Vashurkin, I. O. (2002), Thermal development and start of ICE of mobile vehicles and construction machinery in winter, Nauka Publ., Sant-Peterburg, 145 p. 9. Beckman, G. Gilly, P. (1987). Thermal accumulation of energy. World Publ., Moscow, 256 p. 10. Grytsuk, I. V. (2015), The development and the study of the combined heating system of engines and vehicles, Herald of Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, 32 p. 11. Grytsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y., et al. (2018), "Information Model of V21 System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in

Operation Conditions", SAE Technical Paper, 2018-01-0024, <https://doi.org/10.4271/2018-01-0024>. 12. Grytsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Gutarevych, Y., et al. (2017), "The Evaluation of Vehicle Fuel Consumption and Harmful Emission Using the Heating System in a Driving Cycle", SAE Int. J. Fuels Lubr. 10(1):236-248, <https://doi.org/10.4271/2017-26-0364>. 13. Pohorletskiy, D. (2019), "Structure of the measuring complex for research of work of the vehicle with the engine equipped with system of injection of gas fuel, in the conditions of operation by means of ITS" Systems and means of transport. Problems of operation and diagnostics ["Struktura vymiriuvalnogo kompleksu dlia doslidzhennia roboty transportnogo zasobu z dvyhunom, obladnanym systemoiu vprorskuvannia hazovoho palyva, v umovakh ekspluatatsii zasobamy ITS" Systemy i zasoby transportu. Problemy ekspluatatsii i diahnostyky]. KhDMA, Kherson P. 383–394. 14. Pohorletskiy, D. S., Mateichyk, V. P., Polivinchuk, A. P., Volodarets, M. V., Tsiuman, M. P., (2019), "Features of thermal preparation of the transport engine in the conditions of operation", Proceedings of the Tavriya State Agrotechnological University, ["Osoblyvosti teplovoi pidhotovky transportnogo dvyhuna v umovakh ekspluatatsii" Pratsi Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnogo universytetu], TSATU named after Dmitry Motorny, Melitopol, Vol. 19, T. 4, P. 286. 15. Grytsuk, I. V., Pohorletskiy, D. S., Symonenko, R. V. (2020), "Features of formation of liquid of thermal preparation of the two-fuel vehicles working on liquid oil fuel and the liquefied oil gas" Problems and prospects of development of motor transport : Materials of the VIII international scientific and practical Internet conference ["Osoblyvosti formuvannia systemy teplovoi pidhotovky dvokhpalyvnykh transportnykh zasobiv, pratsiuiuchykh na rikkomu naftovomu palyvi i zridzhenomu naftovomu hazi" Problemy i perspektyvy rozvytku avtomobilnogo transportu : Materialy VIII-oi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii], VNTU, Vinnytsia, P. 112 16. "All variety of engine preheaters", available at : <https://avtomoto-shtuchki.ru/avtotekhnika/208-podogrev-dvigatelya.html>. 17. Karnauhov, N. N., Pustovalov, I. A., Yarkin Karnauhov, A. V. (2010), "Thermal accumulator for maintaining ICE start temperature of construction machinery in winter", Motor transport enterprise, P. 45–48. 18. Vashurkin, I. O. (2002), Thermal development and start of ICE of mobile vehicles and construction machinery in winter, Nauka Publ., Sant-Peterburg, 145 p. 19. Shulgin, V. V. (2002), "Engine pre-start heating system with thermal accumulator for city buses" City traffic engineering and traffic safety, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering , Sant-Peterburg, P. 372–375.

Поступила в редакцию 16.06.2020 г.

Грицук Игорь Валерьевич – доктор техн. наук, проф., профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия, Украина, grytsuk_iv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7065-6820>

Погорлецкий Дмитрий Сергеевич - старший преподаватель кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия, Украина, dimon150582@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1256-8053>

Симоненко Роман Викторович – канд. техн. наук, кафедра двигателей и теплотехники, Национальный транспортный университет, Украина, rsym1975@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4269-5707>

Худяков Игорь Валентинович - старший преподаватель кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия, Украина, Igor.khudiakov563@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8900-7879>

IMPROVEMENT OF HEAT PREPARATION PROCESSES OF VEHICLE ENGINE EQUIPPED WITH GASOLINE AND LIQUEFIED OIL SUPPLY GAS SYSTEMS

I.V. Hrytsuk, D.S. Pohorletskiy, R.V. Symonenko, I.V. Khudiakov

Presented are the results of experimental studies of the heat treatment system of a vehicle gasoline engine, which is heated to operating temperatures on gasoline, and subsequent operation on liquefied oil gas. The main element of the heat preparation system is a phase transition heat accumulator. The research task to be solved is to minimize the time of heat preparation of the vehicle gasoline engine and, therefore, to reduce gasoline consumption in warm-up modes. To ensure remote registration of vehicle parameters and control of heat preparation processes, an information system for monitoring and control of heat preparation processes of a vehicle engine with a heat accumulator was developed and used. During the research, a gasoline-powered vehicle was used with additionally installed gas equipment. The use of a phase transition heat accumulator in the heat preparation system of a vehicle gasoline engine (operating both on gasoline and on liquefied gas fuel) has confirmed a significant improvement in fuel economy. For this, the engine heat preparation should be carried out immediately before starting from an additional heat

source to the coolant temperature in the cooling system up to 50° C. The research results have confirmed the capabilities of the system under study to significantly reduce the time of heat preparation and reduce the vehicle gasoline engine fuel consumption running on gasoline and liquefied gas fuel under operating conditions. The phase transition heat accumulator in the heat preparation system of a vehicle gasoline engine (operating both on gasoline and on liquefied gas fuel) reduces the time required to heat the coolant to 50° C and gas consumption to ensure the transition to gas fuel when using various modes (options) of heat preparation in operating conditions.

Keywords: heat preparation; heat accumulator; transport engine.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОЇ ПІДГОТОВКИ ДВИГУНА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ОСНАЩЕНОГО СИСТЕМАМИ ПОДАЧІ БЕНЗИНУ І ЗРІДЖЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ

І.В. Грицук, Д.С. Погорлецький; Р.В. Симоненко, І.В. Худяков

Представлені результати експериментальних досліджень системи теплової підготовки бензинового двигуна транспортного засобу, нагрів якого до робочих температур здійснюється на бензині, а подальша експлуатація на зрідженому нафтовому газі. Основним елементом системи теплової підготовки є тепловий акумулятор фазового переходу. Можна вирішити завдання дослідження - мінімізувати час теплової підготовки бензинового двигуна транспортного засобу і, отже, знизити витрату бензину в режимах прогріву. Для забезпечення дистанційної реєстрації параметрів транспортного засобу та управління процесами теплової підготовки розроблена і використовувалася інформаційна система моніторингу та управління процесами теплової підготовки двигуна транспортного засобу з тепловим акумулятором. При проведенні досліджень використовувався транспортний засіб з двигуном внутрішнього згорання, з додатково встановленою газовою апаратурою. Використання теплового акумулятора фазового переходу в системі теплової підготовки бензинового двигуна транспортного засобу (що працює як на бензині, так і на зрідженому газовому паливі,) підтвердило істотне поліпшення паливної економічності. Для цього тепла підготовка двигуна повинна проводитися безпосередньо перед запуском від додаткового джерела тепла до температури охолоджуючої рідини в системі охолодження до 50 °С. Результати досліджень підтвердили можливість досліджуваної системи для значного скорочення часу теплової підготовки і зменшення витрати палива бензинового двигуна транспортного засобу, що працює на бензині та зрідженому газовому паливі, в умовах експлуатації. Тепловий акумулятор фазового переходу в системі теплової підготовки бензинового двигуна транспортного засобу (що працює як на бензині, так і на зрідженому газовому паливі) скорочує час на нагрів охолоджуючої рідини до 50 °С і витрату бензину для забезпечення переходу на газове паливо при використанні різних режимів (варіантів) теплової підготовки в умовах експлуатації.

Ключові слова: тепла підготовка; тепловий акумулятор; транспортний двигун.

УДК 621.433.2:621.436

DOI: 10.20998/0419-8719.2020.1.06

С. О. Ковальов

РОЗРОБЛЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГАЗОВИМ ДВЗ ІЗ ПОСЛІДОВНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ГАЗОВОГО ПАЛИВА

Показано перевагу використання колісними транспортними засобами альтернативних газових моторних палив, зокрема, зрідженого нафтового газу, порівняно з традиційними рідкими моторними паливами. Обґрунтовано доцільність переобладнання дизельних колісних транспортних засобів у газові двигуни внутрішнього згорання з іскровим запалюванням для роботи на зрідженому нафтовому газі. Розроблено мікропроцесорну систему управління газовим двигуном, що складається з двох головних підсистем та мікропроцесорного електронного блоку управління. Система управління здатна забезпечити послідовне впорскування зрідженого нафтового газу без наявності традиційного датчика положення розподільного валу та спеціального задаючого диску, встановленого на розподільному валу. Описано принцип роботи головних систем газового двигуна, до яких належить система живлення і впорскування зрідженого нафтового газу до впускного патрубку кожного циліндра, а також модифікована безконтактна електронна система запалювання з рухомим розподільником напруги. Розроблено і виготовлено спеціальний мікропроцесорний електронний блок управління Avenir Gaz 37 рівня «В», який для реалізації послідовного впорскування зрідженого нафтового газу, замість інформації (сигналу) від датчика положення розподільного валу отримує інформацію (сигнал) про положення розподільного валу від модифікованої системи запалювання. Модифікація системи запалювання виконана шляхом доопрацювання штатного задаючого диску трамблера. Доопрацювання було здійснено шляхом збільшення довжини дуги сектора окружності прорізі першого циліндру. Проведені випробування газового двигуна моделі D-240-LPG-«В» з розробленою мікропроцесорною системою управління газовим двигуном із електронним блоком управління Avenir Gaz 37 рівня «В» на режимах холостого ходу на відповідність вимогам ДСТУ 4277. Результати випробувань показали, що газовий двигун D-240-LPG-«В» за вмістом оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах відповідає вимогам ДСТУ 4277 і має суттєво нижчий їх вміст, ніж гранично допустимі до двигунів без каталізаторів.

Ключові слова: газовий двигун внутрішнього згорання; електронна система управління газовим двигуном внутрішнього згорання; мікропроцесорний електронний блок управління Avenir Gaz 37 рівня «В»; зріджений нафтовий газ.