

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДЛЯ ПОЛЕГШЕННЯ ПУСКУ ТРАНСПОРТНИХ ДВИГУНІВ, ПРАЦЮЮЧИХ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ

Погорлецький Д. С., старший викладач кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії, e-mail: dimon150582@gmail.com

В роботі розглянуті результати дослідження прогріву транспортного засобу при використанні газобалонного обладнання в умовах експлуатації. Виконаний аналіз способів покращення теплової підготовки двигуна для полегшення пуску в умовах низьких температур. Підтверджено, що особливо складним і небезпечним, з погляду на надійність, є «холодний» пуск, тобто пуск непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища. Показано, що специфічні особливості зрідженого газового палива та конструкції газової паливної апаратури для його подачі у двигун суттєво впливають на забезпечення «холодного» пуску, які є причиною ускладнень при запуску транспортного двигуна, що працює на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур навколишнього середовища. Також виконаний аналіз систем теплової підготовки, які можливо використати на транспортних двигунах, що працюють на зрідженому газовому паливі, для забезпечення їх працездатності в умовах низьких температур навколишнього середовища. Розроблена структурно-логічна блок-схема вирішення задачі розробки системи теплової підготовки для полегшення пуску транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі, з вказаними особливостями етапів її вирішення в умовах експлуатації.

Ключові слова: транспортний засіб фазоперехідний тепловий акумулятор, система теплової підготовки, транспортний двигун, температура, зріджене газове паливо, пуск двигуна.

Вступ. Серед основних проблем ефективної експлуатації двигунів внутрішнього згорання вагоме місце займає їх передпускова тепла підготовка. Це особливо важливо для забезпечення працездатності транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі при низьких температурах. Відомо, що особливо складним і небезпечним, з погляду на надійність, є «холодний» пуск, тобто пуск непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища [1–18]. Особливо складним, пуск є для тих випадків, коли саме після пуску, в умовах експлуатації, здійснюється повне навантаження двигуна транспортного засобу (ТЗ). Також суттєво впливають на забезпечення «холодного» пуску специфічні особливості зрідженого газового палива та конструкції газової паливної апаратури для його подачі у двигун, що є причиною ускладнень при запуску транспортного двигуна, який працює на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур навколишнього середовища. Примусова передпускова тепла підготовка транспортного двигуна 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. Найбільш простим, розповсюдженим і ефективним способом передпускової теплової підготовки транспортного двигуна є підігрівання охолоджуючої рідини за допомогою спеціальних пристроїв [19]. Широко відомі три групи передпускових підігрівачів [20]: автономні рідинні, неавтономні електричні та теплові акумулятори. 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, можливо вважати актуальною задачею.

Постановка задачі. Метою дослідження є урахування особливостей і використання систем теплової підготовки транспортних двигунів у складі фазоперехідних теплових акумуляторів для поліпшення паливної економічності та екологічних показників транспортних засобів шляхом заміни системи живлення з розподіленим впорскуванням бензину на газове паливо для забезпечення передпускового і післяпускового прогрівання в умовах експлуатації.

Основні результати. Застосування зрідженого нафтового газу в якості моторного палива, у зв'язку з його невисокою вартістю і екологічністю, є економічно вигідним у порівнянні з використанням бензину. 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 бензині. Здійснення запуску двигуна ТЗ відразу на газу і його робота в режимі холостого ходу (х.х.) некоректна, або навіть не можлива, адже газ повинен випаровуватись, а редуктор-випарник ГБО ще не підігрівся охолоджуючою рідиною з системи охолодження двигуна ТЗ. Процес пуску транспортного двигуна, 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. При невиконанні цієї умови не забезпечується в момент пуску оптимальний склад паливної суміші при низьких температурах, зменшується швидкість поширення фронту полум'я.

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 транспортного двигуна у змінних умовах експлуатації за варіантами: прогрів зупиненого ТЗ в режимі 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 (печки), 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. Вимірювання параметрів технічного стану проводилось на ТЗ для забезпечення передпускового і післяпускового прогрівання в умовах експлуатації після заміни системи живлення з розподіленим впорскуванням бензину на газове паливо. В якості дослідного ТЗ було обрано KIA *Magentis* 2.0 5МКПП з двигуном G4GC, обладнаного газобалонним обладнанням 4-покоління (інжекційний 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 [21]. Фрагмент звіту (робоче вікно) про результати проведеного дослідження – прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х. показаний на рис. 1, результати зміни параметрів технічного стану ТЗ в процесі прогріву зупиненого ТЗ в режимі х.х. показані на рис. 2.

В результаті проведеного дослідження було встановлено, що фактичний час прогріву транспортного двигуна до температури 85 °С при температурі навколишнього середовища 8 °С (прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х.) склав 22,50 хв (рис. 2 а). Експериментально була отримана температура включення газової апаратури на ТЗ в умовах експлуатації 55 °С. Аналогічні результати були отримані і при всіх інших варіантах прогрівання ТЗ в умовах експлуатації, за умовами експериментального дослідження [22]. Це дозволяє зробити попередній висновок, що бензинові двигуни транспортних засобів, які обладнані газобалонним обладнанням 4-го покоління не можуть забезпечити достатнього прогріву усієї системи охолодження двигуна ТЗ для своєчасного переходу на газове паливо (включення ГБО). Це залежить від багатьох факторів, що потребує подальших досліджень. Для забезпечення одночасного з пуском забезпечення переходу транспортного двигуна на зріджене газове паливо (ГБО 4-го покоління) при низьких температурах навколишнього середовища, вважаємо доцільним встановити в систему охолодження транспортного двигуна технічний засіб для забезпечення одночасної передпускової і післяпускової теплової підготовки системи охолодження двигуна і газового редуктора-випарника.

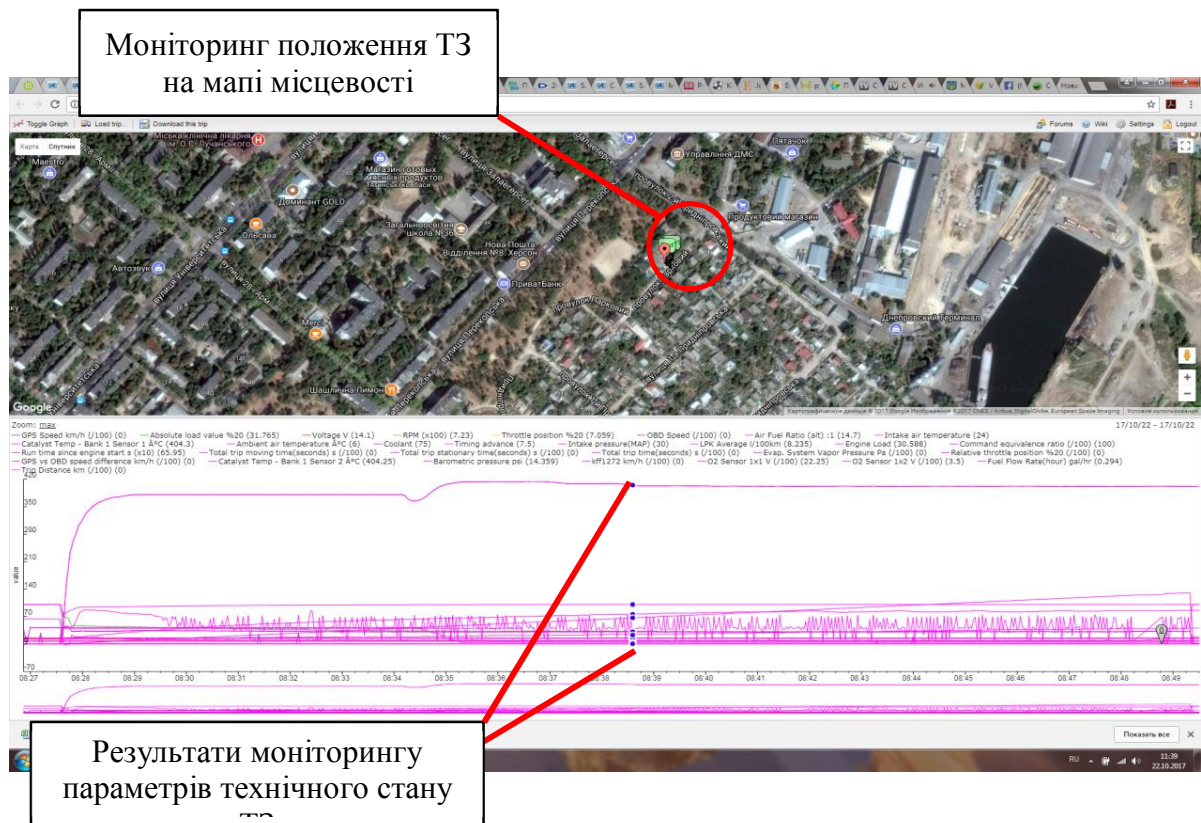


Рисунок 1 – Фрагмент звіту про результати дослідження прогріву ТЗ засобами моніторингу параметрів технічного стану

Враховуючи отримані експериментальні результати вважаємо доцільним виконати аналіз засобів для виконання передпускової і післяпускової теплової підготовки ТЗ.

Рідинні опалювачі (рідинні автономні опалювачі) фірм «Webasto» і «Eberspächer», працюючи незалежно від двигуна і в поєднанні зі штатною системою опалення ТЗ (з рідинним охолодження) або в складі окремої системи опалення, призначені для передпускового прогріву транспортного двигуна [23].

Системи передпускового прогріву фірми «Webasto» і «Eberspächer» поряд з позитивними показниками має і ряд негативних: додаткове пожежонебезпечне обладнання в підкапотному просторі ТЗ (відкритий котел); додаткова витрата палива у ТЗ; потребує кваліфікованого та дорогого технічного обслуговування; рівень шуму; дорогі та не ремонтпридатні механізми системи.

АТ «АС» є провідним в Польщі і авторитетним у світі виробником автомобільних інноваційних газобалонних систем (ГБО) LPG/CNG марки STAG [24]. Компанією AC S.A. запропоновано підігрівач газового редуктора STAG R01 CS. Даний підігрівач може використовуватися в системах з одним або двома редукторами, які встановлюються на двигуни від 4 до 8 циліндрів [24].

Недоліком вказаної системи підігріву є те, що вона підігріває редуктор випарник за рахунок використання вмонтованих електронагрівних елементів з використанням акумуляторної батареї ТЗ. Основна частина рідини системи охолодження в цілому остається холодна, це призводить до зниження температури редуктора випарника під час роботи транспортного двигуна і до неможливості переведення двигуна на газове паливо без досягнення температури системи охолодження 45–55 °С.

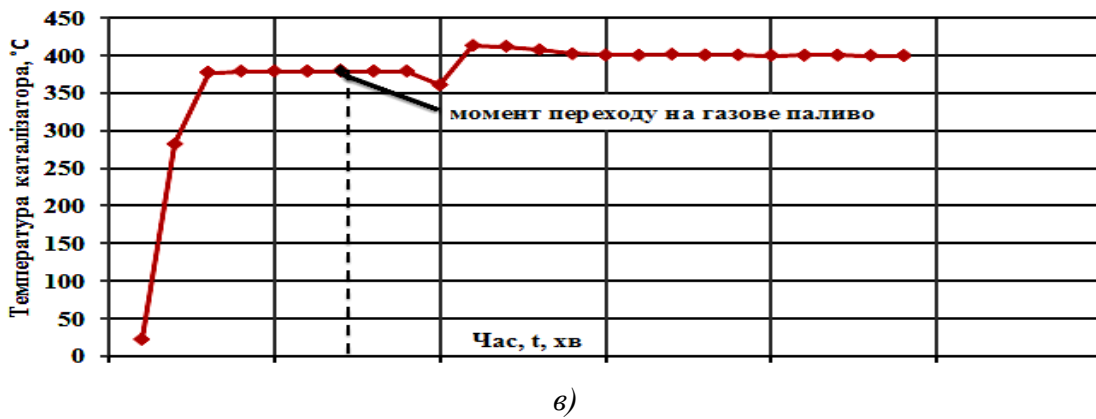
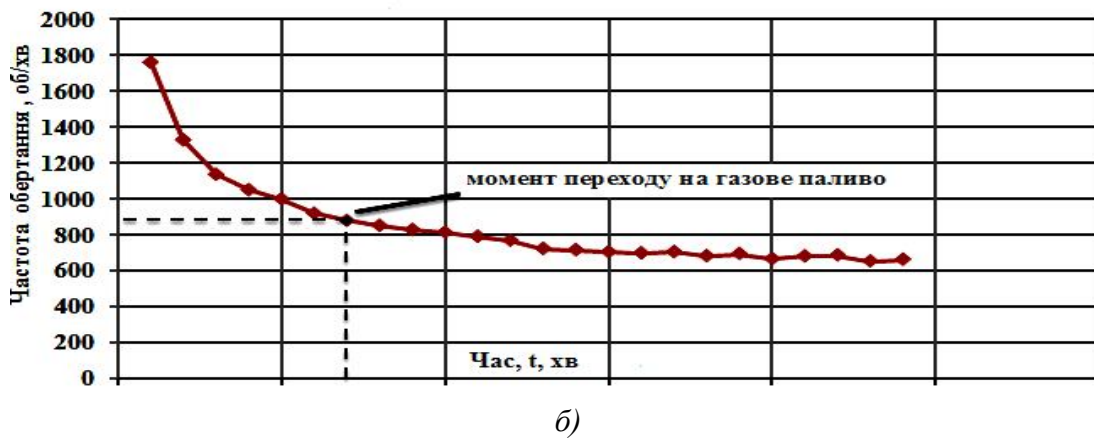
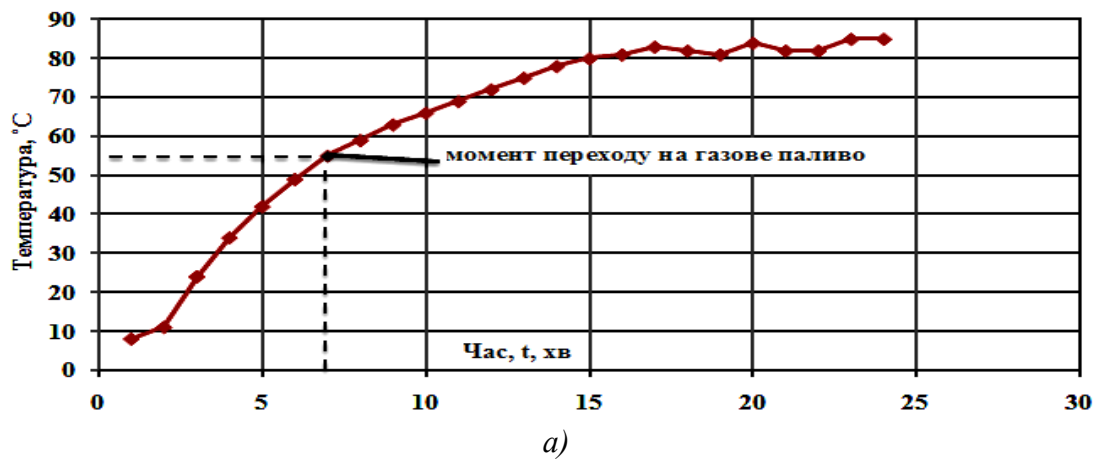


Рисунок 2 – Результати зміни параметрів технічного стану ТЗ в процесі прогріву зупиненого ТЗ в режимі х.х:

температура (а); частота обертання (б); температура каталізатора (в); витрата палива (г)

Крім цього, широкого використання знайшли теплові акумулятори (ТА) це пристрої, які дозволяють при роботі транспортного двигуна запасати тепло охолоджуючої рідини або відпрацьованих газів, а потім віддавати це тепло двигуну перед наступним запуском при низьких температурах навколишнього середовища [25]. Серед вказаних пристроїв окремо можливо виділити, так звані теплові акумулятори фазового переходу (ТАФП), які з'явилися в кінці 80-х, початку 90-х років ХХ-го століття. В роботах Шульгіна В. В. [26], Волкова В. П., Гутаревича Ю. Ф. і Грицука І. В. [1], Вашуркіна І. О. [27] розглянуті питання застосування ТАФП в системах передпускового підігріву транспортних двигунів, показані результати попередніх дослідників, представлений огляд існуючих конструкцій, методики конструкторських розрахунків ТАФП, питання вибору теплоакумулюючого матеріалу, а також запропоновані нові конструкції ТАФП і систем для їхнього використання. Недоліком ТАФП на ТЗ є відсутність розвинутої мережі їх обслуговування і ремонту.

Відомо, що в Росії ТАФП невеликими партіями виробляла компанія «АвтоПлюсМАДІ» (м. Москва) під назвою «Пристрій полегшення пуску двигуна» (УОПД) [28]. У цих системах для зберігання тепла використовується тепловий акумулятор (ТА), який має подвійний металевий циліндр з вакуумною ізоляцією. Носій тепла – стандартна охолоджуюча рідина транспортного двигуна (тосол або антифриз). При роботі транспортного двигуна спеціальним насосом системи гаряча рідина періодично закачується в тепловий акумулятор, тобто заряджає його. В результаті, після зупинки двигуна в ТА знаходиться гаряча охолоджуюча рідина, яка з плином часу все ж охолоджується.

Вперше серійний ТАФП для використання на транспортних двигунах запропонував німецький інженер О. Schatz в кінці 90-х років минулого століття. Сьогодні за ліцензією канадська фірма «CENTAUR Thermal System Inc» випускає ТАФП чотирьох типів конструктивного виконання [19].

Також відома система передпускового прогріву транспортного двигуна з акумулятором тепла, розроблена компанією ТОВ «Гольфстрім» (м. Новосибірськ) [29]. Ця система основана не на ТАФП, а на акумуляторі тепла, який працює за принципом термоса з подвійною металевою колбою [29]. Відмінною особливістю деяких модифікацій АТ є можливість підігріву охолоджуючої рідини за рахунок вбудованих тенів в пристрій-накопичувач. Завдяки модифікаціям з швидко роз'ємними з'єднаннями, в домашніх умовах можливо підігріти холодну охолоджуючу рідину перед наступним пуском ДВЗ.

В конструкції ТА, які у якості робочої речовини використовують рідину системи охолодження, що є основним їхнім недоліком. Це пояснюється наступним. Температура охолоджуючої рідини ТЗ не може бути більше ніж 85 °С. Тому при забезпеченні передпускового прогріву ТЗ в умовах експлуатації ніколи не може бути забезпечена постійна температура «гарячого» пуску транспортного двигуна 50 °С. Це пов'язано з тим, що має місце природне охолодження конструктивних елементів транспортного двигуна і при виконанні передпускового прогрівання нагріта охолоджуюча рідина у ТА буде змішуватись з основною рідиною системи охолодження (яка має температуру навколишнього середовища).

Тепловий акумулятор із теплоакумулюючим матеріалом фазового переходу було розроблено і виготовлено на кафедрі рухомого складу залізниць ДонІЗТ і проведені його дослідження у складі моторної установки з дизелем К461М1 в лабораторії рухомого складу ДонІЗТ [30]. Також були розроблені системи передпускового прогріву, до складу яких входять теплові акумулятори фазового переходу, які заряджаються від відпрацьованих газів двигуна ТЗ. Використання енергії відпрацьованих газів є одним із пріоритетних напрямків розвитку двигунобудування. Воно стає можливим при використанні утилізаційних теплообмінників у випускному трубопроводі. Для здійснення поставленої мети було розглянуто задачу утилізації теплової енергії відпрацьованих газів енергетичної установки з двигуном внутрішнього згорання з метою отримати гарячий теплоносій в системі утилізації відпрацьованих газів з тепловим акумулятором фазового переходу [30]. Розроблений акумулятор дозволяє здійснювати відбір теплової енергії від відпрацьованих

газів ДВЗ в більш широкому температурному діапазоні і тим самим накопичувати і утримувати більшу кількість теплоти, а також забезпечує вибірковість діапазону робочих температур.

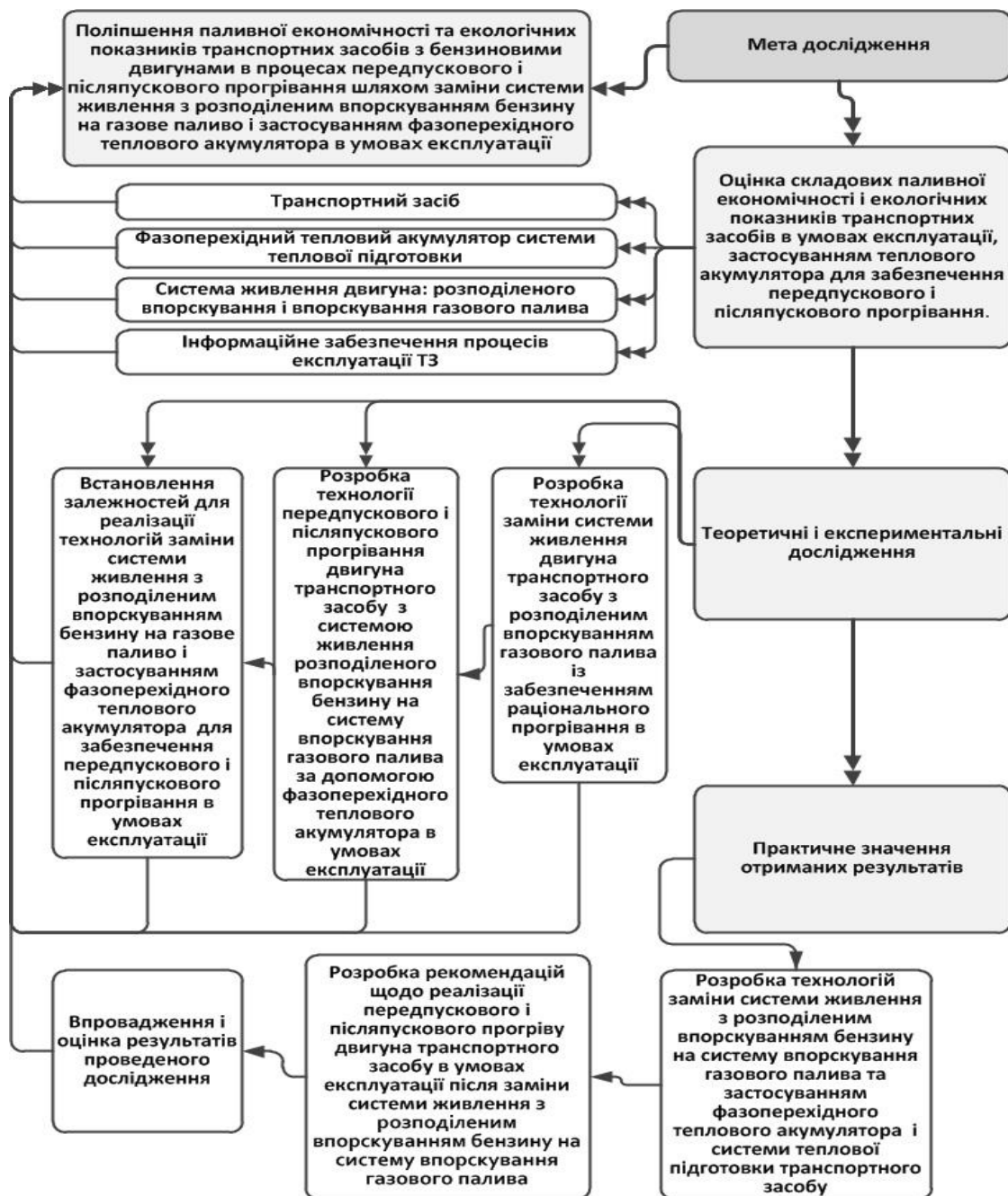


Рисунок 3 – Структурно-логічна блок-схема вирішення задачі розробки системи теплової підготовки для полегшення пуску транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі

В результаті реалізації завдання, поставленого в статті, пропонується провести дослідження і сформувані систему теплової підготовки для ТЗ, в якій за рахунок використання фазоперехідного теплового акумулятора в системі охолодження транспортного двигуна працюючого на зрідженому газовому паливі підтримувати температуру системи охолодження при зупиненому транспортному двигуні, в межах обумовлених заводською інструкцією температур газоподатника, для запуску на зрідженому газовому паливі, тобто не нижче +40–55 °С при низьких температурах навколишнього середовища в реальних умовах експлуатації, а при зменшенні температури теплоносія в теплому акумуляторі – підтримання її у встановлених межах за рахунок

теплоти відпрацьованих газів транспортного двигуна шляхом здійснення його роботи при періодичному чередуванні зупинки та роботи (циклічний режим). З урахуванням попередніх досліджень і проведеного аналізу засобів теплової підготовки була розроблена структурно-логічна блок-схема вирішення задачі розробки системи теплової підготовки для полегшення пуску транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі (рис. 3).

Висновки. На основі проведеного аналізу способів передпускового прогріву транспортних двигунів працюючих на зрідженому газовому паливі з використанням фазоперехідного теплового акумулятора можливо зробити висновок, що розробка та використання подібних систем прогріву транспортних двигунів є перспективним для використання на транспорті. Розроблена структурно-логічна блок-схема вирішення задачі розробки системи теплової підготовки для полегшення пуску транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі. Результати роботи можуть бути покладені в основу рекомендацій для сервісних центрів по установці та обслуговуванню систем газобалонного обладнання і додаткового оснащення системи охолодження транспортних двигунів працюючих на газовому паливі засобами теплової підготовки на основі теплового акумулятора фазового переходу, для одночасного з пуском забезпечення переходу транспортного двигуна на зріджене газове паливо (ГБО 4-го покоління) при низьких температурах навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування : монографія / В. П. Волков, І. В. Грицук, Ю. Ф. Гутаревич, В. Д. Александров і ін. – Донецьк : Вид-во «Ноулдж», 2015. – 314 с.
2. Карташевич А. Н. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации : монография / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок, А. В. Гордеенко, Д. С. Разинкевич ; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Минск : Изд. ООО «Красико-Принт», 2005. – 180 с.
3. Семёнов Н. В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур / Н. В. Семёнов. – М. : Транспорт, 1993. – 190 с.
4. Левенберг В. Д. Аккумуляирование тепла / В. Д. Левенберг, М. Р. Ткач, В. А. Гольстрем. – К. : Техника, 1991. – 112 с.
5. Белоусов И. С. Пуск тракторных дизелей : учеб. пособие / И. С. Белоусов, П. И. Федюнин. – Новосибирск : Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2007. – 120 с.
6. Харитонов В. В. Повышение эффективности пуска автотракторного дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха : дис. канд. тех. наук : 05.04.02. – Москва, 2005. – 138 с.
7. Гордеенко А. В. Улучшение пусковых свойств и условий работы автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации : дис. кан. тех. наук : 05.20.03, 05.04.02. – Минск, 1997. – 183 с.
8. Квайт С. М., Менделевич Я. А., Чижков Ю. П. Пусковые качества и системы пуска АТД. – М. : Машиностроение, 1990. – 256 с.
9. Крамаренко Г. В. Безгаражное хранение автомобилей при низких температурах / Г. В. Крамаренко [и др.]. – М. : Транспорт, 1984. – 135 с.
10. Лосавио Г. С. Пуск автомобильных двигателей без разогрева. – М. : Транспорт, 1965.
11. Крамаренко П. А., Улитин А. С. Разогрев автотракторных двигателей // Техника в сельском хозяйстве. – 1986. – № 1. – С. 38–40.
12. Симоненко Р. В. Покращення паливної економічності і екологічних показників автомобілів шляхом раціонального прогріву їх двигунів : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Симоненко Роман Вікторович. – Київ, 2003. – 192 с.

13. Чертыковцева Н. В. Повышение эффективности прогрева маневрового теплового в зимнее время за счет использования вторичных энергоносителей : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Чертыковцева Наталья Валерьевна. – Самара, 2009. – 162 с.

14. Несиоловский О. Г. Улучшение показателей экономичности автомобильного дизеля за счет регулирования его теплового состояния : дис. ... канд. техн. наук : 05.24.02 / О. Г. Несиоловский. – Ярославль, 1995. – 155 с.

15. Романов В. А. Повышение эффективности поршневых двигателей внутреннего сгорания путем использования тепловых аккумуляторов энергии : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.04.02 / В. А. Романов – Новосибирск, 2011. – 401 с.

16. Карнаухов Н. Н. Приспособление строительных машин к условиям Российского Севера и Сибири. – М. : Недра, 1994. – 351 с.

17. Гулин С. Д. Математическая модель процессов накопления отходящей теплоты двигателя внутреннего сгорания в тепловом аккумуляторе / С. Д. Гулин, В. В. Шульгин, С. Л. Яковлев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1997. – № 5. – С. 102–103.

18. Романов В. А. Повышение мощностных, экономических и экологических показателей поршневых ДВС путем использования систем аккумулирования энергии / В. С. Кукис, В. А. Романов // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков, 2007. – № 1. – С. 53–56.

19. Найман В. С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях / В. С. Найман. – АСТ. : Астрель, 2007. – 213 с.

20. Типы предпусковых подогревателей двигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.autoshcool.ru/1688-tipy-predpuskovykh-podogrevatelej-dvigatelya.html>.

21. 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, І. В. Грицук, Д. С. Адров, А. П. Комов, Д. М. Трифонов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування : збірник наукових праць. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – № 10 (1053). – С. 55–62.

22. Матюхин Л. М. Теплотехнические устройства автомобилей : учеб. пособие / Л. М. Матюхин. – М. : МАДИ, 2009. – 89 с.

23. Предпусковой подогреватель «Вебасто» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.webasto.com/ru/>. – 10.11.2017.

24. Подогреватель газового редуктора STAG R01 CS» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ac.com.pl/ru-firma-o-firmie>. – 10.11.2017.

25. 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. Гуцин, Д. С. Адров, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська. – Донецьк : Вид-во «Ноулідж» (Донецьке відділення), 2014. – 230 с.

26. Шульгин В. В. Тепловые аккумуляторы автотранспортных средств / В. В. Шульгин. – СПб. : Издательство Политехн. ун-та, 2005. – 268 с.

27. Вашуркин И. О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой / И. О. Вашуркин. – СПб. : Наука, 2002. – 145 с.

28. Устройство облегчения пуска двигателей (УОПД). // Техника и технологии. – Режим доступа: <http://technics.rin.ru/index/?a=3&id=441>. – 10.11.2017.

29. Система предпускового подогрева двигателя. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://golfstream-nsk.ru/products/scheme_of_installation. – 10.11.2017.

30. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур / Д. С. Адров, І. В. Грицук, Ю. В. Прилепський, В. І. Дорошко // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – 2011. – № 27 (172). – С. 117–126.

REFERENCES

1. *Sistemi progrivu dviguniv vnutrishnjogo zgorannya: osnovi funkcionuvannya : monografiya.* (2015). / Volkov, V. P., Gricuk, I. V., Gutarevich, Yu. F., Aleksandrov, V. D. et al. Donesk : Vid-vo «Noulidzh», 2015.
2. Kartashevich, A. N., Kukhareno, G. M., Gordeenko, A. V., Razinkevich, D. S., Kartashevich, A. N. (2005). *Uluchshenie puskovihkh kachestv avtotraktornihkh dizeleyj v zimniy period ehkspluatsii.* Minsk : Izd. OOO «Krasiko-Print».
3. Semyonov, N. V. (1993). *Ehkspluatsiya avtomobileyj v usloviyakh nizkikh temperatur.* M. : Transport.
4. Levenberg, V. D., Tkach, M. R., Goljstrem, V. A. (1991). *Akkumulirovanie tepla.* Kyiv : Tekhnika.
5. Belousov, I. S., Fedyunin, P. I. (2007). *Pusk traktornihkh dizeleyj : ucheb. posobie.* Novosibirsk : Novosib. gos. agrar. un-t.
6. Kharitonov, V. V. Povichshenie ehffektivnosti puska avtotraktornogo dizelya v usloviyakh nizkikh temperatur okruzhayuthego vozdukha : dis. kand. tekhn. nauk : 05.04.02. Moskva, 2005.
7. Gordeenko, A. V. Uluchshenie puskovihkh svoystv i usloviy rabotih avtotraktornihkh dizeleyj v zimniy period ehkspluatsii : dis. kan. tekhn. nauk : 05.20.03, 05.04.02. Minsk, 1997.
8. Kvayjt, S. M., Mendelevich, Ya. A., Chizhkov, Yu. P. (1990). *Puskovihe kachestva i sistemih puska ATD.* Moskva : Mashinostroenie.
9. *Bezgarazhnoe khranenie avtomobileyj pri nizkikh temperaturakh.* (1984). / G. V. Kramarenko et al. Moskva : Transport.
10. Losavio, G. S. (1965). *Pusk avtomobilnihkh dvigateleyj bez razogreva.* Moskva : Transport.
11. Kramarenko, P. A., Ulitin, A. S. (1986). Razogrev avtotraktornihkh dvigateleyj. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve, 1.* 38–40.
12. Simonenko, R. V. Pokrathennya palivnoї ekonomichnosti i ekologichnikh pokaznikov avtomobiliv shlyakhom racional'nogo progrivu ikh dviguniv : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.20. Kyiv, 2003.
13. Chertihkovceva, N. V. Povichshenie ehffektivnosti progrevu manevrovogo teplovoza v zimnee vremya za schet ispol'zovaniya vtorychnihkh ehnergonositeleyj : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.07. Samara, 2009.
14. Nesiolovskiy, O. G. Uluchshenie pokazateleyj ehkonomichnosti avtomobil'nogo dizelya za schet regulirovaniya ego teplovogo sostoyaniya : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.24.02. Yaroslavl', 1995.
15. Romanov, V. A. Povichshenie ehffektivnosti porshnevihkh dvigateleyj vnutrennego sgoraniya putem ispol'zovaniya teplovihkh akkumulyatorov ehnergii : dis. ... d-ra. tekhn. nauk : 05.04.02. Novosibirsk, 2011.
16. Karnaukhov, H. H. (1994). *Prisposoblenie stroitel'nikh mashin k usloviyam Rossijskogo Severa i Sibiri.* Mskva : Nedra.
17. Gulin, S. D., Shuljgin, V. V., Yakovlev, S. L. (1997). Matematicheskaya model'j processov nakopleniya otkhodyatheyj teplotih dvigatelya vnutrennego sgoraniya v teplovom akkumulyatore. *Izvestiya vihsshikh uchebnihkh zavedeniyj. Stroitel'stvo, 5.* 102–103.
18. Kukis, V. S., Romanov, V. A. (2007). Povichshenie mozhnostnihkh, ehkonomicheskikh i ehkologicheskikh pokazateleyj porshnevihkh DVS putem ispol'zovaniya sistem akkumulirovaniya ehnergii. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya.* Kharkov. 1. 53–56.
19. Nayjman, V. S. (2007). *Vse o predpuskovihkh obogrevatelyakh i otopitelyakh.* AST. : Astrelj.
20. Tipih predpuskovihkh podogrevatelyj dvigatelya. Retrived from : <https://www.autoshcool.ru/1688-tipy-predpuskovyx-podogrevatelyj-dvigatelya.html>.

21. Gutarevich, Yu. F., Gricuk, I. V., Adrov, D. S., Komov, A. P., Trifonov, D. M. (2014). Obruntuvannya strukturi vimiryuval'nogo kompleksu dlya doslidzhennya roboti dviguna vnutrishnjogo zgorannya transportnogo zasobu z sistemoyu progrivu yj teplovim akumulyatorom v procesi pusk i progrivu. *Visnik Nacional'nogo tekhnichnogo universitetu «KhPI». Seriya: Avtomobile- ta traktorobuduvannya : zbirnik naukovikh pracj.* Kharkiv : NTU «KhPI», 10 (1053). 55–62.
22. Matyukhin, L. M. (2009). *Teplotekhnicheskie ustrojstva avtomobileyj : ucheb. posobie.* Moskva : MADI.
23. Predpuskovoyj podogrevatelj «Vebasto». Retrived from : <https://www.webasto.com/ru/>.
24. Podogrevatelj gazovogo reduktora STAG R01 CS». Retrived from : <http://www.ac.com.pl/ru-firma-o-firmie>.
25. Aleksandrov, V. D., Gutarevich, Yu. F., Gricuk, I. V., Prilepskij, Yu. V., Postnikov, V. A., Guthin, A. M., Adrov, D. S., Verbovsjkij, V. S., Krasnokutsjka, Z. I. (2014). *Teplovi akumulyatori fazovogo perekhodu dlya transportnikh zasobiv : parametri robochikh procesiv : monografiya.* Donecjk : Vid-vo «Noulidzh» (Donecjke viddilennya).
26. Shulgin, V. V. (2005). *Teplovihe akumulyatorih avtotransportnikh sredstv.* SPb. : Izdatel'stvo Politekhn. un-ta.
27. Vashurkin, I. O. (2002). *Teplovaya podgotovka i pusk DVS mobil'nikh transportnikh i stroitel'nikh mashin zimoyj.* SPb. : Nauka.
28. Ustrojstvo oblegcheniya pusk dvigatelej (UOPD). *Tekhnika i tekhnologii.* Retrived from : <http://technics.rin.ru/index/?a=3&id=441>.
29. Sistema predpuskovogo podogreva dvigatelya. Retrived from : http://golfstream-nsk.ru/products/scheme_of_installation.
30. Adrov, D. S., Gricuk, I. V., Prilepskij, Yu. V., Doroshko, V. I. (2011). Teploviy akumulyator yak zasib pidvithennya efektyvnosti pusk stacionarnogo dviguna v umovakh nizjkikh temperatur. *Zbirnik naukovikh pracj Donecjkogo institutu zaliznichnogo transportu Ukrains'koi derzhavnoi akademii zaliznichnogo transportu, 27 (172).* 117–126.

Погорлецкий Д. С. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОЙ ПОДГОТОВКИ ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА СЖИЖЕННОМ ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ

В работе рассмотрены результаты исследования прогрева транспортного средства при использовании газобаллонного оборудования в условиях эксплуатации. Выполненный анализ способов улучшения тепловой подготовки двигателя для облегчения пуска в условиях низких температур. Подтверждено, что особенно сложным и опасным, с точки зрения надежности, является «холодный» пуск, то есть пуск непрогретого двигателя в условиях низких температур окружающей среды. Показано, что специфические особенности сжиженного газового топлива и конструкции газовой топливной аппаратуры для его подачи в двигатель существенно влияют на обеспечение «холодного» запуска, которые являются причиной осложнений при запуске транспортного двигателя, работающего на сжиженном газовом топливе в условиях низких температур окружающей среды. Также выполнен анализ систем тепловой подготовки, которые можно использовать на транспортных двигателях, работающих на сжиженном газовом топливе, для обеспечения их работоспособности в условиях низких температур окружающей среды. Разработана структурно-логическая блок-схема решения задачи разработки системы тепловой подготовки для облегчения пуска транспортных двигателей, работающих на сжиженном газовом топливе, с указанными особенностями этапов ее решения в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: транспортное средство, фазопереходный тепловой аккумулятор, система тепловой подготовки, транспортный двигатель, температура, сжиженное газовое топливо, пуск двигателя.

Pogorletsky D. S. PECULIARITIES OF APPLICATION OF SYSTEMS OF HEAT TRAINING FOR FACILITATING THE START UP OF TRANSPORT ENGINES WORKING ON LIQUEFIED GAS FUELS

In this paper, the results of a vehicle warm-up study using gas-cylinder equipment under operating conditions are considered. The performed analysis of the ways of improving the thermal preparation of the engine to facilitate start-up in low temperature conditions. It has been confirmed that the most difficult and dangerous from the point of view of reliability is the «cold» start, that is, the starting of the unheated engine in the conditions of low ambient temperatures. It is shown that the specific features of liquefied gas fuel and the design of gas fuel equipment for its supply to the engine significantly affect the provision of a «cold» launch, which are the cause of complications when starting a transport engine operating on liquefied gas fuel in low ambient temperatures. The analysis of thermal preparation systems, which can be used on transport engines operating on liquefied gas fuel, is also carried out to ensure their efficiency in conditions of low ambient temperatures. A structural and logical block diagram of the solution of the problem of developing a thermal preparation system for facilitating the start-up of transport engines operating on liquefied gas fuel with the specified features of the stages of its solution under operating conditions is developed.

Keywords: vehicle, phase-transfer thermal battery, heat preparation system, transport engine, temperature, liquefied gas fuel, engine starting.

© Погорлецький Д. С.

Статтю прийнято
до редакції 14.11.17