

УДК 623.438.3

Серпухов О.В., канд. техн. наук; Коритченко К.В., д-р техн. наук; Бізонич Д.В.

УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АУТНОМНОГО ФАКЕЛЬНОГО ПІДІГРІВАЧА НА ДВИГУНІ 5ТДФ

Вступ.

Підготовки бойових машин до руху складається з операцій щодо перевірки готовності двигуна до пуску, операцій, за якими здійснюється пуск двигуна, та операції прогрівання силової установки машини на режимі неробочого ходу. За часовими витратами на операції, за якими здійснюється пуск двигуна, значно впливає температура оточуючого середовища. За температури оточуючого середовища нижче +5 °С до переліку операцій щодо пуску додаються операції щодо попереднього розігрівання мастила та охолоджуючої рідини за допомогою системи підігрівання машини. Тривалість додаткових операцій визначається не тільки трудовитратами екіпажу, але й протяжністю процесу прогрівання мастила та охолоджуючої рідини. При цьому, за низьких температур необхідний час розігрівання мастила та охолоджуючої рідини, за яким забезпечується надійний пуск двигуна, може перевищувати часові витрати на безпосереднє виконання операцій щодо підготовки бойової машини до руху. Таким чином, складова процесу розігрівання мастила та охолоджуючої рідини силових установок бойових машин Збройних Сил України за низьких температур суттєво впливає на загальний час підготовки машин до руху [1-4]. Загалом, це впливає на час приведення у бойову готовність танкових та механізованих підрозділів у зоні АТО, а також підрозділів частин негайного реагування.

Мета роботи.

Експериментальна перевірка вихідних характеристик автономного факельного підігрівача з удосконаленої електричною розрядною системою запалювання на двигуні 5ТДФ.

Основна частина.

З метою забезпечення надійного та швидкого пуску двигуна 5ТДФ в умовах низьких температур використовують факельне підігрівання повітря, яке після підігрівання надходить до циліндрів. Збільшення температури впускного повітря здійснюється за рахунок спалювання пального, що надходить із паливної системи танка, у спеціальному пристрої, який монтується безпосередньо на двигуні та називається автономним факельним підігрівачем (АФП). Високотемпературні продукти згорання, що утворюються під час роботи АФП, надходять у впускний колектор, де змішуються з холодним повітряним струменем, що підвищує початкову температуру повітряного заряду в циліндрі двигуна. Підігрівач АФП розташовують на верхньому повітряному патрубку біля нагнітача двигуна.

Згідно з технічним описом до бронеоб'єкта [3], підігрівач починає працювати одночасно з електричним стартером під час натискання на кнопку ПУСК СТАРТЕРА. Паливо до підігрівача подається під тиском $P \geq 0,35$ МПа штатним відцентровим насосом БЦН-1 паливної системи силової установки. Повітря у підігрівач надходить із балонів високого тиску повітряної системи танка через редуктор і подається в камеру згорання підігрівача під тиском 1,6 МПа. За рахунок вихороутворення в потоці повітря та розпилення палива під тиском забезпечується утворення паливо повітряної суміші в камері згорання АФП. Безпосередньо в підігрівачі повітря розподіляється на первинний і вторинний потоки. Первинний потік надходить у порожнину завихрювача, де змішується з паливом. Горюча суміш підпалюється іскровим розрядом, який створюється між

© О.В. Серпухов, 2015

електродом свічки та боковим електродом у камері згорання АФП. За прийнятої витрати палива 0,3 г/с, витрата повітря через первинний контур складає 0,9 г/с, що утворює коефіцієнт надлишку повітря біля свічки запалювання АФП $\alpha = 0,2$ і забезпечує надійне спалахування палива. Вторинний повітряний контур сприяє згоранню палива.

У результаті дослідження роботи АФП були виявлені такі недоліки:

- неповне згорання палива в АФП;
- не надійний пуск АФП або тривалий час затримки пуску, що перевищує 5 с за низьких температур;
- падіння індикаторної роботи із-за зниження густини паливоповітряного заряду.

Оцінимо потужність підігрівача АФП виходячи з витрати палива. Згідно з [5], якнайменший за часом процес пуску двигуна 5ТДФ під час використання АФП досягається за витрати палива на роботу останнього близько 0,3 г/с. Як відомо, питома теплота згорання дизельного палива складає 42700 кДж/кг. Відповідно під час забезпечення повного згорання палива, знаходимо потужність підігрівача $W_{\text{АФП}} = 12,8$ кВт. Порівняння даних за максимально можливою потужністю АФП $W_{\text{АФП}}$ і необхідної потужності підігрівача $W_{\text{потр}}$ для пуску двигуна 5ТДФ показує, що режим роботи системи підігрівання повітря впуску двигуна 5ТДФ не забезпечує повне згорання палива. Пояснюється це тим, що розробниками АФП у першу чергу виконувалася умова забезпечення надійного запалювання палива слабкострумовим іскровим розрядом, що було досягнуто шляхом створення коефіцієнта надлишку палива під час роботи іскрової свічки, що дорівнює $\alpha = 0,2$. Але це призводить до негативних наслідків щодо пуску дизельного двигуна 5ТДФ, оскільки надлишок пари палива, що не згоріло, після АФП надходить разом із повітряним зарядом у циліндри двигуна та збагачує паливо-повітряну суміш, а це зрештою знижує індикаторну потужність.

Підтвердженням неякісного згорання палива, що потрапляє з факелом у потік холодного повітря у впускному колекторі, є зниження температури повітряних зарядів в міру віддалення від АФП. У разі догорання палива у впускному колекторі відбувалось би підвищення температури повітряного потоку, але фактично це не виникає (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл початкової температури повітряних зарядів по циліндрах за умови працюючого АФП за даними []

Номер циліндра	1	2	3	4	5
Початкова температура, К	410	420	450	490	520

Недолік щодо неповного згорання палива виявлено шляхом розрахунку теоретичних значень теплового ефекту реакції за відомими значеннями витрат палива та повітря та порівнянням із фактичним підвищенням температури повітря, що потрапляє в циліндри двигуна. Встановлено, що більше ніж 50 % палива, що подається до АФП, не згорає. Причиною неповного згорання палива визначено недостатній час згорання палива в камері АФП. У результаті частина палива, що не згоріла у камері, потрапляє в струмінь холодного повітря, де процес подальшого згорання унеможливується. Отже, під час прокручування колінчастих валів двигуна електричним стартером на пускових швидкостях, відцентровий компресор (нагнітач) забезпечує інтенсивне прокачування та наповнення циліндрів повітрям, а полум'я, яке спалахнуло на виході з камери згорання АФП, здувається цим потоком, що призводить до погіршення якості згорання палива.

Зроблений аналіз процесів спалахування та згорання паливо повітряної суміші в серійному підігрівачі АФП виявив явище запізнення спалахування суміші від іскрового розряду, який генерується штатним агрегатом запалювання КВ-112 (або КРН-1А на ра-

нішніх випусках двигуна 5ТДФ) (частота імпульсів складає 500 Гц, напруга 14 кВ). Це також було підтверджено на практиці в ході натурального випробування АФП в умовах низьких температур. За низьких температур погіршуються умови для випаровування палива. Це призводить до зміни концентрації палива в повітрі, що формується біля електродів АФП, залежно від навколишньої температури повітря та температури палива. Відомо, що мінімальна енергія запалювання залежить від значень концентрації палива. Тому із-за малої потужності систем запалювання, що використовуються в наш час, можуть виникати умови, коли запалювання суміші в камері АФП не відбувається або виникає з великою затримкою (за рахунок затримки збільшується час випаровування). Це дає підстави вважати, що причиною запізнення спалахування є недостатня енергія іскри. Як результат пуск танкового двигуна відбувається після декількох спроб, час пуску після натискання на кнопку ПУСК СТАРТЕРА досягає 25–30 секунд. Це призводить до суттєвого зменшення ресурсу танкових акумуляторних батарей.

Пропонується здійснити вдосконалення системи АФП за такими напрямками:

- збільшення об'єму камери згорання для забезпечення повного вигорання палива;
- застосування системи потужного розряду для підвищення надійності та скорочення часу запалювання (збільшення енергії розряду дозволяє розширити діапазон концентрацій, за яких відбувається надійне запалювання паливної суміші).

Перевірка ефективності запропонованих заходів здійснювалась у стендових умовах із використанням штатних паливної, повітряної та електричних систем танка Т-64 шляхом унесення незначних конструктивних змін у вищезазначену систему.

Для перевірки визначених напрямків удосконалення було створено АФП із подовженою камерою згорання (рис. 1).

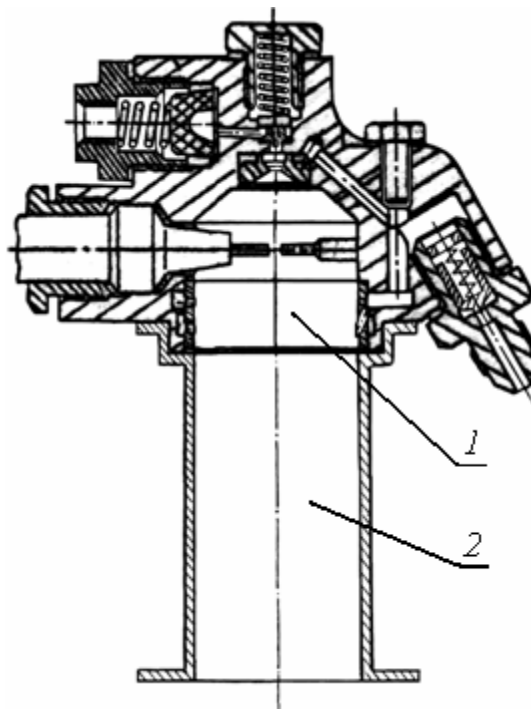


Рис. 1. Будова підігрівача (АФП) впускного повітря двигуна 5ТДФ з подовженою камерою згорання: 1 – штатна камера згорання АФП, 2 – додаткова камера згорання

Внутрішній діаметр подовженої камери згорання АФП у вигляді трубки дорівнював 70 мм. Вплив розміру камери згорання АФП на характеристики його роботи здійснювалося шляхом порівняння температури, що досягається в повітрі перед впуск-

ними вікнами циліндрів у двох вимірювальних точках (рис. 2). Під час вимірювань передбачалось устанавлення фіксованої частоти обертів двигуна, що дорівнювала 200 хв^{-1} . Вимірювання температури повітря здійснювалося мультиметрами, оснащеними термомпарами. Абсолютна похибка вимірювання значень температури не перевищувала 1°C .

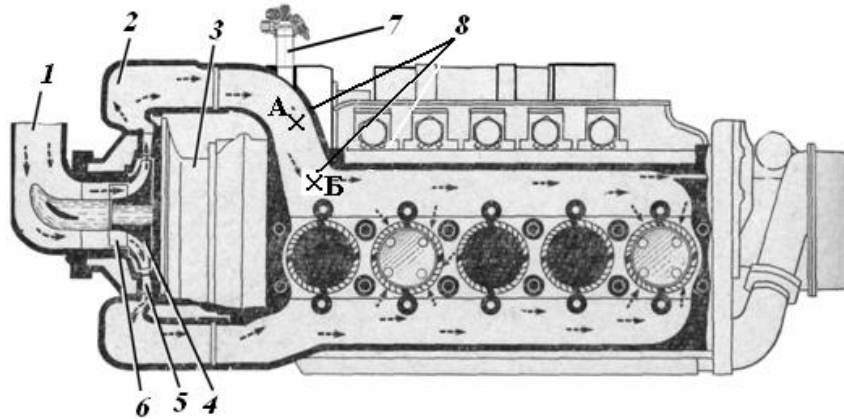


Рис.2. Схема руху та підігрівання впускного (продувального) повітря: 1 – вихідний патрубок нагнітача; 2 – збірник; 3 – привід нагнітача; 4 – робоче колесо нагнітача; 5 – дифузор; 6 – напрямний апарат; 7 – АФП; 8 – точки вимірювання температури (точки А, Б)

Також було створено окремий стенд АФП, що споряджався окремою системою продування повітря (рис. 3). До стенда АФП приєднувалися трубопроводи зі штатної системи танка. Час затримки в запалюванні палива визначався візуально за допомогою секундоміра. Дослідницький блок запалювання надавав можливість змінювати як енергію одиночного імпульсу запалювання, так і частоту імпульсів запалювання. Енергія розряду регулювалася в діапазоні від 50 до 500 мДж, а частота імпульсів у діапазоні від 1 до 200 Гц. Напруга високовольтного імпульсу, що створювалася для пробивання проміжку, складала не менше ніж 20 кВ.

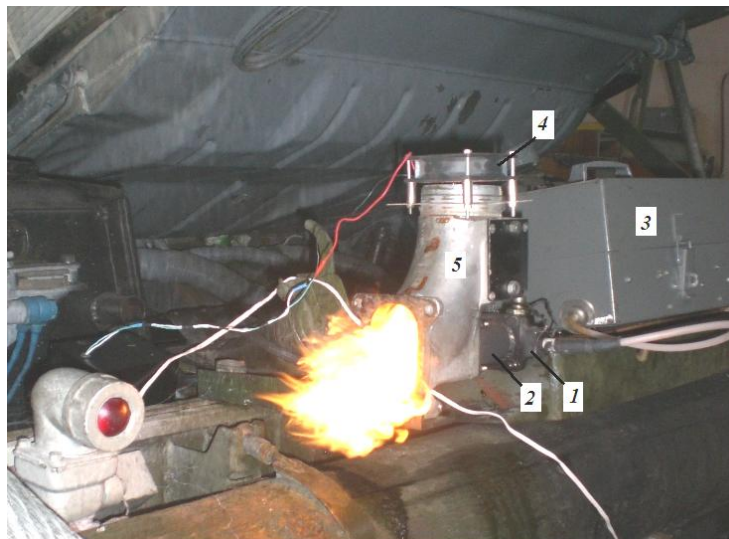


Рис.3. Стенд для дослідження часу затримки спалахування в АФП: 1 – АФП; 2 – подовжувач камери згорання АФП; 3 – високовольтний блок запалювання; 4 – вентилятор; 5 – патрубок впускного колектора

Система запалювання з підвищеною енергією розряду досліджувалась на стенді АФП. Результати порівняння часу затримки спалахування від моменту одночасного вмикання систем забезпечення АФП та запалювання в разі використання різних систем запалювання показали, що штатний блок КПП-1А призводив до спалахування палива в камері АФП із затримкою 3...5 с, а з блоком системи потужного розряду затримка за часом не перевищувала 2 с (табл. 1). Усі порівняння проводились за умови охолодження камери запалювання АФП до температури -10...-12 °С.

Таблиця 1

Порівняння часу затримки спалахування в камері АФП (із різними) системами запалювання

Параметр	Блок запалювання									
	КПП-1А					Розроблений				
	Номер досліджу					Номер досліджу				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура камери АФП, °С	-13	-13	-12	-11	-11	-12	-12	-11	-11	-10
Час затримки спалахування, с	5	4	3	5	3	2	1	2	1	1
Середнє значення затримки, с	4					1,4				

Скорочення часу затримки спалахування навіть на декілька секунд сприяє подовженню ресурсу акумуляторних батарей, «жорстко» навантажених під час пуску.

У результаті порівняння роботи штатної системи АФП з дослідною системою АФП, у якій збільшені об'єм камери згорання та потужність іскрового розряду, визначено збільшення температури повітряного потоку в контрольних точках (рис. 3) на 30...50 К (табл. 2). Це свідчить про поліпшення якості згорання палива. Вимірювання здійснювалося за температури навколишнього середовища -10...-12 °С. Інтервал між дослідженнями складав не менше ніж 30 хв. Частота обертів двигуна дорівнювала $n = 200 \pm 10 \text{ хв}^{-1}$. Подача палива в циліндри не здійснювалась.

Таблиця 2

Порівняння температурного режиму повітряного потоку у впускному колекторі з різними варіантами АФП

Параметр		Варіант виконання АФП					
		Штатний АФП			Дослідний		
		Номер досліджу			Номер досліджу		
		1	2	3	4	5	6
Температура в контрольних точках, °С	А	179	182	174	221	215	225
	Б	157	163	155	195	189	207

Виходячи з того, що для штатної системи здійснювалося уточнення оптимального режиму роботи, то потребує уточнення режим роботи АФП зі збільшеною камерою згорання щодо забезпечення скорочення часу холодного пуску танкового дизельного двигуна.

Висновки:

1. Результати порівняння часу затримки спалахування від моменту одночасного вмикання систем забезпечення АФП та запалювання в разі використання різних систем запалювання показали, що штатний блок КПН-1А призводив до спалахування палива в камері АФП із затримкою 3...5 с, а з блоком системи потужного розряду затримка за часом не перевищувала 2 с.

2. У результаті порівняння роботи штатної системи АФП з дослідною системою АФП, у якій збільшені об'єм камери згорання та потужність іскрового розряду, визначено збільшення температури повітряного потоку в контрольних точках на 30...50 К.

Література 1. Соколов В.В. Технические средства, обеспечивающие сокращение времени на выход танков по тревоге / В.В.Соколов // М.: издание академии Бронетанковых войск, 1971. – 91с. 2. Коритченко К. В. Можливість застосування плазмових технологій у засобах пуску танкових дизельних двигунів / К. В. Коритченко, В. М. Замана // Збірник тез доповідей Третьої Всеукраїнської науково-технічної конференції «Перспективи розвитку озброєння та техніки Сухопутних військ», Академія Сухопутних військ. – 2010. – С. 73. 3. Объект 434. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Кн. 2. – М. : Воениздат, 1986. – 767с. 4. Двигатель 5ТДФ. – М. : Воениздат, 1977. – 144 с. 5 Рязанцев Н. К. Конструкция форсированных двигателей наземных транспортных машин / Н. К. Рязанцев. – Киев, 1993 – ч.1. – 251 с.

Bibliography (transliterated) 1. Sokolov V.V. Tekhnicheskie sredstva, obespechivayushchie sokrashchenie vremeni na vyhod tankov po trevoge / V.V.Sokolov // М.: izdanie akademii Bronetankovyh vojsk, 1971. – 91s. 2. Koritchenko K. V. Mozhlivist' zastosuvannya plazmovih tekhnologij u zasobah pusk tankovyh dizel'nih dviguniv / K. V. Koritchenko, V. M. Zamana // Zbirnik tez dopovidej Tret'oi Vseukraïns'koï naukovo-tekhnichnoi konferencii «Perspektivi rozvitku ozbroennya ta tekhniki Suhoputnih vijs'k», Akademiya Suhoputnih vijs'k. – 2010. – S. 73. 3. Ob"ekt 434. Tekhnicheskoe opisaniye i instrukciya po ehkspluatacii. Kn. 2. – М. : Voenizdat, 1986. – 767s. 4. Dvigatel' 5TDF. – М. : Voenizdat, 1977. – 144 s. 5 Ryazancev N. K. Konstrukciya forsirovannyh dvigatelej nazemnyh transportnyh mashin / N. K. Ryazancev. – Kiev, 1993 – ch.1. – 251 s.

Серпухов А.В.; Коротченко К.В., Бизонич Д.В.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АУТОНОМНОГО
ФАКЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ НА ДВИГАТЕЛЕ 5ТДФ**

В статье представлены результаты экспериментальной проверки автономного факельного подогревателя с усовершенствованной электрической разрядной системой зажигания. Исследовано время задержки воспламенения струи дизельного топлива в АФП и температура подогретого воздушного заряда в контрольных точках двигателя.

Serpuhov O.V., Korytchenko K.V., Bizonych D.V.

**IMPROVEMENT OF FEATURES OF AUTONOMOUS
FLAME HEATER ON THE ENGINE 5TDF**

The results of experimental verification of features of autonomous flame heater with the improved electrical ignition system on the engine 5TDF are presented in the article. It is investigated the time of delay of self-ignition of diesel fuel in AFP and temperature of warmed-up air charge in the control points of engine.