

## Starters of combustion engines in military vehicles

In military vehicles very important is starting system of combustion engines. Weather conditions and irregular usage of engines causes that auxiliary starters are necessary. With these systems engines have easier start and better protection against damage. An article presents several examples of engines' starters from military vehicles and conception of system which supports engine's start and warm up.

Key words: engine's starter, starting system, military engine, thermal energy storage

### Układy rozruchowe silników spalinowych w pojazdach wojskowych

W pojazdach wojskowych istotnym zagadnieniem jest rozruch silników spalinowych. Ze względu na warunki klimatyczne oraz nieregularne wykorzystywanie silników, poza standardowym rozrusznikiem często są one wyposażone w dodatkowe systemy wspomagania rozruchu. Mają one za zadanie ułatwiać uruchomienie silnika oraz chronić silnik przed nadmiernym zużyciem czy zniszczeniem. W artykule zaprezentowano stosowane rozwiązania układów rozruchowych w pojazdach militarnych. Przedstawiono także koncepcję rozwiązania wspomagającego rozruch i fazę nagrzewania silnika.

Słowa kluczowe: rozruch silnika, silnik wojskowy, akumulator ciepła

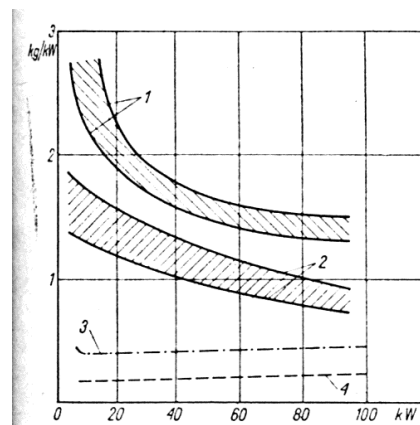
### 1. Wstęp

W okresie najbliższych lat silnik spalinowy będzie nadal podstawowym źródłem napędu różnego typu pojazdów samochodowych. Korzystanie z pojazdu zawsze rozpoczyna się od procedury uruchomienia silnika, a następnie występuje okres, w którym następuje nagrzewanie się poszczególnych jego węzłów. Sprawne działanie silnika spalinowego silnie zależy od stanu termicznego wszystkich jego elementów konstrukcyjnych. Podczas rozruchu i w okresie zwanym fazą nagrzewania się, następuje zwiększone zużycie współpracujących elementów konstrukcyjnych silnika oraz emitowane są do atmosfery znacznie większe ilości tlenu węgla i węglowodorów, niż podczas eksploatacji w nominalnych warunkach cieplnych. Rozruch silnika oraz faza jego nagrzewania się jest szczególnie istotna w silnikach maszyn i pojazdów, które wymagają bardzo szybkiej gotowości do wykorzystania z pełnymi parametrami obciążenia. Do tego typu pojazdów należą pojazdy ratownicze oraz pojazdy wojskowe. Szczególnie w tej drugiej grupie, gdzie pojazdy wyposażone są w silniki spalinowe o dużej mocy, procedura rozruchu i nagrzewania się jest bardzo istotna z punktu widzenia gotowości sprzętu do szybkiego działania.

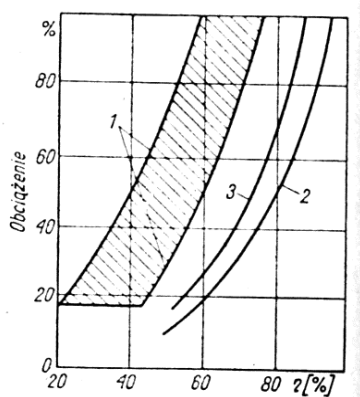
### 2. Wprowadzenie

Układ rozruchu jest dobierany do konkretnego typu silnika jak i docelowego przeznaczenia maszyny. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest układ, w którego skład wchodzi rozrusznik elektryczny, aczkolwiek w przemyśle można spotkać

wiele innych, niekonwencjonalnych układów rozruchowych np.: układy pneumatyczne czy hydrauliczne. Każdy z nich można scharakteryzować masą jednostkową, uzyskiwanym momentem obrotowym, niezawodnością, jak również innymi parametrami [1], które są przydatne w określonym typie maszyn jak samoloty, czy też ciężkie pojazdy lądowe (rys. 2.1, 2.2).



Rys. 2.1. Masa jednostkowa różnych typów źródeł momentu obrotowego w zależności od ich mocy znamionowej (1-silnik-generator 400Hz, 2-turbiny i silniki pneumatyczne, 3-pompa hydrauliczna, 4- pompa-silnik hydrauliczny) [1]



Rys. 2.2. Wpływ obciążenia na przebieg sprawności momentu obrotowego rozruszników różnych typów (1–rozrusznik powietrzny, 2–rozrusznik hydrauliczny, 3–rozrusznik elektryczny prądu zmiennego) [1]

Istotnym zagadnieniem jest rozruch silnika spalinowego, napędzającego pojazdy i maszyny wojskowe. Ze względu na specyficzne przeznaczenie oraz warunki atmosferyczne, w jakich muszą funkcjonować, układ rozruchu powinien umożliwiać bezproblemowe uruchomienie i przygotowanie silnika do działań na polu walki. Jednym z najtrudniejszych warunków pracy tych układów, jest rozruch silnika w niskiej temperaturze. Dużo prac poświęconych problemowi rozruchu silników spalinowych, a szczególnie dużych jednostek napędowych stosowanych w ciężkim sprzęcie budowlanym i wojskowym prowadzono w krajach byłego ZSRR. To zainteresowanie wynikało z różnorodności stref klimatycznych występujących na obszarze tego kraju, jak również z przyjętych założeń. Pojazdy te odznaczały się wprawdzie prostą konstrukcją, lecz często były wyposażone w kilka systemów rozruchu, które wykorzystywano w ściśle określonych sytuacjach.

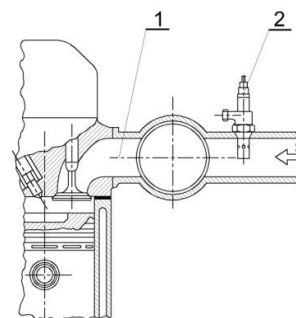
### 3. Przegląd układów rozruchu silników wojskowych

#### 3.1 Sposoby wspomagania rozruchu

Obok systemów przyspieszających rozruch i okres nagrzewania się silnika metodą ingerencji w system tworzenia ładunku i proces spalania, używane są także inne, tradycyjne sposoby ułatwiające rozruch i skracające okres nagrzewania się silnika. Ułatwienie rozruchu zimnego silnika przez doprowadzanie ciepła jest metodą od dawna znaną i często stosowaną. Najczęściej praca tego typu systemów polega na płomieniowym lub elektrycznym podgrzewaniu powietrza napływającego do silnika podczas rozruchu lub też na wcześniejszym nagraniu czynnika chłodzącego przed rozruchem silnika [5].

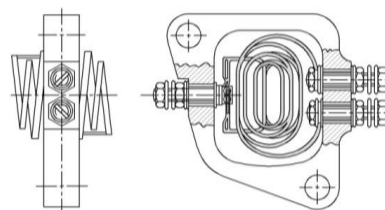
Pierwsza z metod (rys. 3.1 i 3.2) ma na celu zwiększenie temperatury powietrza w cylindrze,

gwarantując skuteczny zapłon paliwa podczas zimnego rozruchu. Przy płomieniowym lub elektrycznym podgrzewaniu powietrza, strumień doprowadzanej energii jest stosunkowo niewielki, dlatego metoda ta tylko wspomaga sam proces rozruchu.



Rys. 3.1. Świeca płomieniowa (2) umieszczona w przewodzie dolotowym (1) silnika [5]

Druga metoda polega na podgrzewaniu czynnika chłodzącego, a niekiedy również oleju, z zewnętrznego źródła prądu elektrycznego, co gwarantuje rozruch silnika w niskiej temperaturze otoczenia, jak również zapewnia komfort jazdy.



Rys. 3.2. Spirala grzejna umieszczona w przewodzie dolotowym silnika [5]

Ta metoda jest szczególnie popularna w krajach o zimnym klimacie (np. w krajach skandynawskich, Kanadzie, Rosji). W obu powyższych przypadkach udział energii doprowadzonej do silnika ma niekorzystny wpływ na jego bilans energetyczny, a główne cele stosowania tych systemów są związane wyłącznie z zagwarantowaniem niezawodnego rozruchu silnika. Podgrzewanie czynnika chłodzącego wymaga dostępności do zewnętrznego źródła energii oraz dość długiego czasu pracy systemu, ponieważ ciepło pochodzące z grzałki elektrycznej, najczęściej umieszczonej w kadłubie silnika, rozchodzi się bardzo powoli do pozostałych jego części.

Istnieją również inne metody podgrzewania elementów silnika, np. podgrzewanie oleju smarującego oraz paliwa, podgrzewanie strefowe silnika realizowane metodą elektryczną lub płomieniową, stosowanie grzewczych uszczelnień podgłowicowych itp., przy czym nie wszystkie z nich są wygodne

w eksploatacji, a ich głównym celem jest wspomaganie rozruchu silnika [5].

Największą różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych systemów rozruchu silników spalinowych można spotkać w maszynach wojskowych. W amerykańskich czołgach typu M3, w których stosowano lotnicze silniki gwiazdowe, układ rozruchowy można było obsłużyć za pomocą ręcznej korby, która służyła do wykonania pełnego obrotu wału korbowego w celu rozprowadzenia oleju do wszystkich ruchomych węzłów silnika (rys. 3.3) [8]. Ta czynność zabezpieczała silnik przed zatarciem oraz nadmiernym oporem podczas właściwego rozruchu.



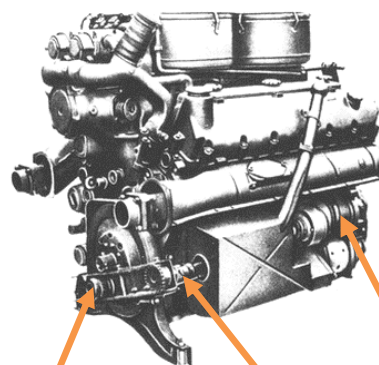
Rys.3.3. Układ rozruchowy silnika gwiazdowego czołgu M3 Stuart [15]

### 3.2 Układ bezwładnościowy

W okresie II wojny światowej szerokie zastosowanie w pojazdach wojskowych miały inercyjne układy rozruchowe. Do napędu układu rozruchowego wykorzystywano różne źródła momentu obrotowego, w tym układy uruchamiane ręczną korbą. W taki układ wyposażony był silnik niemieckiego czołgu typu PzKpfw VI (Tiger) (rys. 3.4, 3.5.), w którym był to dodatkowy układ rozruchu oprócz standardowego rozrusznika elektrycznego.



Rys. 3.4. Korba napędzająca rozrusznik inercyjny silnika czołgu typu PzKpfw VI [11]



Złącze napędu ręcznego połączone łańcuchem z wałem napędowym

Wał napędowy rozrusznika

Rozrusznik inercyjny

Rys. 3.5. Silnik Maybach HL230 P45 z czołgu typu PzKpfw VI [10]

Innym przykładem jest silnik radzieckiego czołgu IS-2, który był wyposażony w bezwładnościowy układ rozruchowy napędzany osobnym silnikiem dwusuwowym (rys. 3.6.).

„Układ inercyjny rozruchu – napędzany własnym silnikiem, poprzez układ 8 pośrednich kół zębatach gromadzi ogromną energię w kole pasowym. Po rozpędzeniu koła pasowego szybkim ruchem zazębiaamy duże koła z małym kołem zębatym wału korbowego wprawiając go w ruch... [13]”



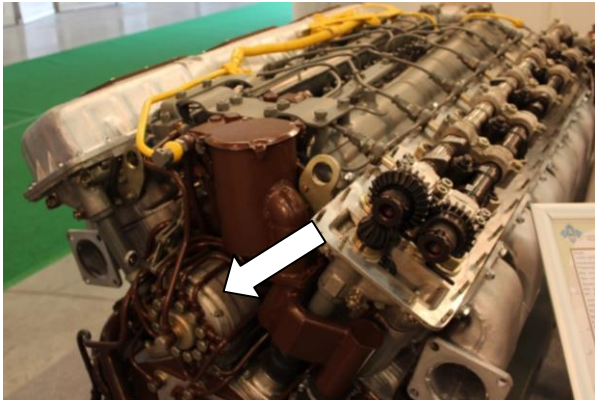
Rys.3.6. Inercyjny układ rozruchu silnika czołgu IS-2 [13]

Podobny system zastosowano w czołgu typu PzKpfw VIII (Maus), który był wyposażony w układ rozruchu napędzany silnikiem spalinowym firmy Riedel [6].

### 3.3 Układ pneumatyczny

Układ pneumatycznego rozruchu stosowano w silnikach pojazdów pancernych produkcji radzieckiej (rys. 4.4). Silniki tych pojazdów były wyposażone w odpowiednio przygotowane systemy

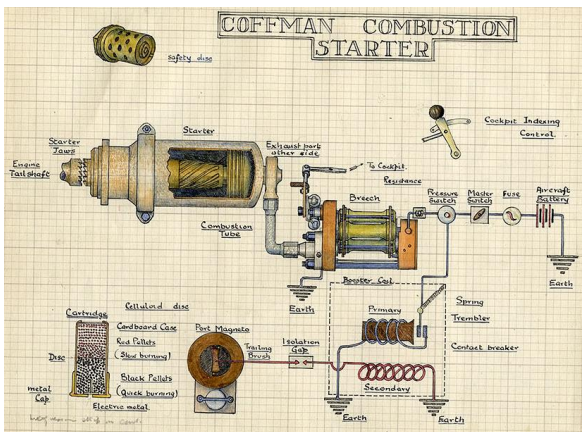
rozruchu powietrznego. Zasada ich działania polegała na wtlaczaniu sprężonego powietrza bezpośrednio do cylindrów silnika. Za prawidłową kolejność wtlaczania odpowiedzialny był rozdzielacz powietrza. W zależności od warunków eksploatacji i typu pojazdu, układ ten był używany jako podstawowy [9] lub jako zapasowy układ rozruchu. Umożliwiał on rozruch silnika przy małej wartości napięcia akumulatorów, co było szczególnie istotne w niskiej temperaturze otoczenia.



Rys.3.7 Silnik W-46-6 z rozdzielaczem powietrza

### 3.4 Układ pirotechniczny (prochowy)

Układ rozruchu pirotechniczny (Coffman starter (rys. 3.8), Cartridge starter, Shotgun starter), był wykorzystywany w silnikach lotniczych głównie ze względu na niewielkie wymiary i masę. W tekstach źródłowych można znaleźć informacje, że również pojazdy lądowe napędzane silnikami z cylindrami w układzie gwiazdy były wyposażone w tego typu system rozruchu [8, 14].



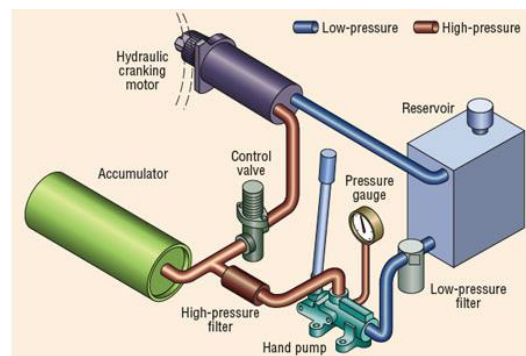
Rys. 3.8. Schemat pirotechnicznego układu rozruchowego [12]

W miarę czasu był on wypierany przez rozruszniki elektryczne, ponieważ w pojazdach militarnych masa akumulatorów nie odgrywała tak dużego znaczenia jak w lotnictwie. Literatura opisuje dwie zasady działania. Gazy prochowe doprowadzane

były bezpośrednio do cylindra wprawiając w ruch tłok, w drugim przypadku gazy napędzały mechanizm rozrusznika, który był połączony mechanicznie z wałem silnika [14].

### 3.5 Układ hydrauliczny

Hydrauliczne układy rozruchu stosowane są przeważnie w lotnictwie i maszynach budowlanych, w których wykorzystuje się silniki bardzo dużej mocy. Systemy hydrauliczne, w stosunku do innych systemów są źródłem dużego momentu obrotowego dostarczanego z silników hydraulicznych. Zasilanie takiego układu odbywa się z akumulatorów hydro-pneumatycznych lub pomp hydraulicznych [1]. Stosuje się również układy kombinowane złożone z akumulatora i pompy.



Rys. 3.9. Schemat hydraulicznego układu rozruchu [16]

### 3.6 Inne metody rozruchu silników spalinych

W niektórych przypadkach celowe jest stosowanie układów rozruchowych o budowie kombinowanej. Najprostszym przykładem tego typu rozruchu są rozruszniki inercyjne, które są napędzane elektrycznie, a jednocześnie mają możliwość napędu ręcznego jak w wyżej opisanym czołgu typu PzKpffw VI (Tiger). W pojazdach wojskowych produkcji radzieckiej metoda kombinowana, polegała na jednoczesnym wykorzystaniu dwóch układów.

Inną metodą rozruchu jest wykorzystanie siły bezwładności całego pojazdu podczas holowania przez inny pojazd. Metodę tę stosuje się do uruchomienia silnika, szczególnie w warunkach bojowych, gdy inne układy zawodzą, a dostęp do energii elektrycznej jest niemożliwy. Obecnie, w nowo typu silnikach z elektronicznym systemem sterowania, tego typu metoda uruchomienia nie zawsze jest możliwa.

W wielu nowoczesnych pojazdach bojowych problemem jest nadal pewne i niezawodne uruchomienie silnika w niskiej temperaturze lub dużej wilgotności. Wynika to głównie z zastosowania złożonych układów pomocniczych, które wymagają dostarczania energii elektrycznej, a także ze stosowania elektronicznych systemów sterowania, wraz-

liwych na zmniejszenie napięcia w elektrycznej sieci pokładowej pojazdu. Ponieważ systemy rozruchowe mają duże zapotrzebowanie na energię elektryczną, dlatego też w takich pojazdach stosuje się pomocnicze jednostki zwane APU (ang. Auxiliary Power Unit).

APU są to układy wyposażone w małe silniki spalinowe, a ich głównym zadaniem jest dostarczanie energii elektrycznej do układów pojazdu, bez potrzeby uruchamiania jednostki głównej. Ładują one także akumulatory, dzięki temu jeden rozrusznik elektryczny w układzie napędowym jest wystarczający do uruchomienia silnika głównego.

Ciekawe systemy stosowano do wspomaganie rozruchu silników lotniczych. W tym przypadku wykorzystywano np. małe, dwusuwowe silniki spalinowe, służące do rozruchu silników turbiny, które zazwyczaj montowane były wspólnie z wałem głównym turbiny (rys. 3.10).



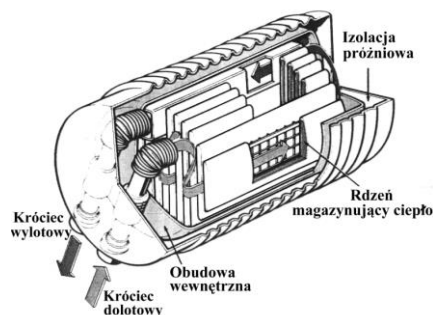
Rys. 3.10. Silnik BMW-003 z dwusuwowym silnikiem rozruchowym [17]

#### 4. Koncepcja wspomaganie rozruchu silnika akumulatorem ciepła

W stosunku do systemów elektrycznego lub płomieniowego nagrzewania elementów konstrukcyjnych silnika lub zawartych w nim czynników, np. płynu chłodzącego lub oleju, w pojazdach wojskowych znacznie bardziej efektywną metodą wspomaganie rozruchu silnika może być stosowanie akumulatorów ciepła. Główna korzyść tej metody polega na łatwiejszym rozruchu silnika i szybszego osiągnięcia gotowości pracy przez układ ogrzewania wnętrza pojazdu. W akumulatorach ciepła pierwszej generacji, zwanych akumulatorami typu A, energia przechowana jest w specjalnej substancji podlegającej przemianie fazowej. Ciepło potrzebne do stopienia tej substancji pobierane było z układu chłodzenia silnika lub znacznie rzadziej, wykorzystywane było ciepło spalin. Rdzeń magazynujący ciepło wykonany był w formie stosu bardzo cienkich blaszanych kopert wypełnionych substancją, która odznacza się dużą gęstością energetyczną. W akumulatorach wykorzystujących ciepło chłodzenia najczęściej stosowanymi substancjami podlegającymi przemianie fazowej są: wodorotle-

nek baru  $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ , mieszaniny eutektyczne soli nieorganicznych lub niektóre substancje organiczne. Przy wykorzystaniu energii spalin (wyższa temperatura topnienia substancji) stosuje się zwykle mieszaninę eutektycznych azotanów potasu  $KNO_3$  i litu  $LiNO_3$ .

Tego typu cylindryczny akumulator o długości 370 mm, średnicy 170 mm, masie 10 kg i pojemności cieplnej wynoszącej 600 W·h przedstawiono na rys. 4.1.



Rys. 4.1 Akumulator ciepła typu A [7]

Izolacja próżniowa gwarantuje małe straty ciepłe, które w temperaturze otoczenia  $-7^\circ C$  dla naładowanego w pełni akumulatora wynoszą około 6 J/s. Podczas rozruchu silnika, płyn chłodzący przejmuje ciepło zgromadzone w akumulatorze, ogrzewając ścianki cylindra i komory spalania. Ilość ciepła oddawana do czynnika chłodzącego podczas wymiany ciepła i przy spadku temperatury wewnętrznej akumulatora z  $80^\circ C$  do  $50^\circ C$ , wynosi 2200 kJ, natomiast chwilowa moc urządzenia osiągając może wartość 30 kW.

Najważniejszą cechą akumulatorów ciepła jest duża prędkość przepływu energii z akumulatora do silnika, która jest znacznie większa, niż przy systemach elektrycznego lub płomieniowego nagrzewania [3]. Przekazanie ciepła do zimnej głowicy radykalnie zmienia warunki rozruchu silnika oraz jego pracy w fazie nagrzewania się, prowadząc do poprawy przebiegu procesu spalania, znacznego skrócenia czasu osiągnięcia nominalnej temperatury pracy silnika oraz zmniejszenia emisji produktów niepełnego i niecałkowitego spalania.

Poza wymienionymi zaletami, bardzo ważną cechą akumulatora ciepła jest możliwość efektywnego odzysku części energii, która jest wykorzystana w celu zwiększenia sprawności ogólnej silnika i zmniejszenia toksyczności spalin, a która w konwencjonalnych systemach jest zwykle bezpowrotnie tracona.

W akumulatorach ciepła typu A dość często pojawiały się problemy z ich trwałością, która objawiała się utratą szczelności wraz z upływem czasu i dość często dochodziło do mieszania toksycznej substancji akumulatora z płynem chłodzącym, powodując uszkodzenia silnika i możliwości skażenia środowiska. Z tych względów nie są one stosowane, natomiast można je zastąpić innym rodzajem

---

akumulatora, o nazwie akumulator ciepła typu B. Jest to termicznie izolowane naczynie zawierające określoną objętość czynnika chłodzącego, które ma postać termosu, który podczas pracy silnika magazynuje gorący czynnik, aby następnie podczas kolejnego rozruchu wykorzystać go do rozgrzania ścianek przestrzeni roboczej. Wnętrze akumulatora ciepła typu B zawiera często system kanałów umożliwiających rozdział i uporządkowanie przepływu zimnego i gorącego czynnika oraz przyczyniających się do zmniejszenia mieszania się obu czynników. Sposób instalacji oraz zasada działania akumulatorów typu B nie różni się od dotychczas stosowanych, przy czym ze względu na właściwości czynnika magazynującego ciepło, przy tych samych wymiarach, dysponują nieco mniejszą pojemnością cieplną. Ze względu na prędkość przekazywania ciepła do układu chłodzenia silnika, najbardziej korzystnym miejscem montażu akumulatora ciepła jest wnętrze komory silnikowej pojazdu. W pojazdach wojskowych akumulator ciepła może przybierać formę wynikającą z kształtu nadwozia i może stanowić dodatkową warstwę ochronną. W sytuacji awaryjnej czynnik zawarty w akumulatorze ciepła, może być wykorzystywany jako dodatkowy środek gaśniczy, chroniący pojazd przed ogniem. Ponadto dodatkowa objętość czynnika chłodzącego, zawartego w akumulatorze stanowi może także zabezpieczenie układu chłodzenia przed przeciążeniem, wynikającym z warunków eksploatacji silnika pojazdu wojskowego lub może chwilowo pełnić rolę systemu odbierającego ciepło z silnika, w przypadku uszkodzenia chłodnicy.

Biorąc pod uwagę dotychczas wykonane badania naukowe w zakresie stosowania akumulatorów ciepła [2], a także potrzeby w zakresie stosowania systemów wspomagających rozruch silników pojazdów wojskowych, akumulator ciepła wydaje się być bardzo korzystnym i interesującym rozwiązaniem. Ważną rolę odgrywają tu także dodatkowe aspekty wykorzystania zaproponowanego systemu w pojazdach wojskowych.

## 5. Podsumowanie

Rozruch silnika spalinowego jest złożonym procesem, którego powodzenie zależy od wielu czynników technicznych i klimatycznych. Występują zastosowania silników spalinowych, w których jest wymagany warunek niezawodnego i skutecznego rozruchu, niezależnie od warunków eksploatacji. Jednym z tego typu zastosowań, w których rozruch silnika ma kluczowe znaczenie są pojazdy wojskowe. Mimo stosowania wielu metod wspomagania rozruchu, problem ten wymaga ciągłego rozwoju. Jedną z metod, która wykazuje się ponadto dodatkowymi zaletami jest stosowanie akumulatorów ciepła. Jest to urządzenie wspomagające rozruch i fazę nagrzewania się silnika, które znacząco wpływa na skuteczność rozruchu silnika i jego gotowość do prawidłowej pracy. Ponieważ analiza literatury potwierdza dużą przydatność akumulatora ciepła, który wykorzystuje odpadową energię cieplną, w związku z tym celowym jest rozwijanie badań nad tą metodą wspomagania rozruchu. Należy się spodziewać, że skuteczność tej metody będzie duża szczególnie w zakresie niskiej temperatury otoczenia, kiedy wpływ ciepła doprowadzonego do silnika z akumulatora, na parametry procesu spalania byłby większy.

Powszechne wprowadzenie akumulatorów ciepła do pojazdów wojskowych wymaga jeszcze rozwiązania wielu problemów szczegółowych, które związane są zarówno ze zmianą przebiegu procesu wywiązywania się ciepła w cylindrze silnika, jak i z całą gospodarką ciepłem w pojeździe. Badań wymaga sposób przekazywania czynnika chłodzącego z akumulatora ciepła do układu chłodzenia oraz sposób napełniania akumulatora gorącym czynnikiem. Szczegółowego opracowania wymaga także cała współpraca układu chłodzenia silnika i akumulatora ciepła, którego efekty działania są ograniczone jego pojemnością cieplną oraz ograniczeniami wynikającymi ze strat ciepła występującymi podczas dłuższego postoju pojazdu.

Ponieważ zimny rozruch i faza nagrzewania się silnika są ważnym zagadnieniem związanym z użytkowaniem silników spalinowych w pojazdach wojskowych, dlatego problemy pozostaną jeszcze długo w centrum zainteresowania placówek naukowych i badawczo-rozwojowych. W tym kontekście stosowanie akumulatora ciepła pozostaje jedną z bardziej interesujących metod wspomagania rozruchu, która kryje w sobie jeszcze spore rezerwy.

---

## Bibliography/Literatura

- [1] Boliński B., Stelmaszczyk Z. „Eksplatacja silników turbinowych”, WKŁ, Warszawa 1981r.
- [2] Brzeżański M., „Emisja toksycznych składników spalin w fazie nagrzewania się silnika o zapłonie iskrowym z zastosowaniem akumulatora ciepła”, Monografia nr 326, seria Mechanika, Kraków 2007
- [3] Brzeżański M. - „Pomiary temperatury w wybranych węzłach silnika spalinowego w fazie jego nagrzewania” - symposium naukowo techniczne Fifth International Symposium Combustion Engines in Military Applications „Silwoj 2001” - Jurata 2001.
- [4] Brzeżański M. - „Problemy nagrzewania silników spalinowych” - konferencja naukowa Combustion Engines in Military Applications „Silwoj 99” - Jurata 1999.
- [5] Golec K., „Rozruch tłokowych silników spalinowych w obniżonych temperaturach otoczenia”, Monografia 60, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej 1987.
- [6] Ledwoch J., „Sturmiger Maus”, wyd. MILITARIA, Warszawa 2008r.
- [7] Schatz O., „Latent heat storage“, Schatz Thermo Engineering, Materiały Fabryczne 1994.
- [8] „Technical manual Light tank M3”, WAR Department, Washington 15th July 1942.
- [9] <http://www.militaryrok.pl/index.php/pojazdy-gsienicowe/783-rewolucja-i-szok.html> (dostęp 04.2015r.)
- [10] <http://www.alanhamby.com/maybach.shtml> (dostęp 02.2015r.)
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=U8RoMdMtn3A#t=130> (dostęp 01.2015r.)
- [12] <http://oppositelock.jalopnik.com/dont-like-hand-cranking-your-engine-use-a-shotgun-1662680233> (dostęp 02.2015r.)
- [13] <http://muzeumbronipancernej.pl/remonty-sprzetu/remont-is-2/544-remont-is-2-uklad-inercyjny-rozruchu.html> (dostęp 02.2015r.)
- [14] [http://en.wikipedia.org/wiki/Coffman\\_engine\\_starter](http://en.wikipedia.org/wiki/Coffman_engine_starter) (dostęp 02.2015r.)
- [15] <http://g503.com/forums/viewtopic.php?f=82&t=240666> (dostęp 02.2015r.)
- [16] <http://hydraulicspneumatics.com/other-technologies/hydraulic-starter-delivers-high-torque> (dostęp 02.2015r.)
- [17] <http://www.panzeraufgd.co.uk/jettech2.html> (dostęp 02.2015r.)

Przemysław Mężyk, MEng. – Designer in Research and Development Centre of Mechanical Appliances OBRUM Ltd. in Gliwice.

*Mgr inż. Przemysław Mężyk – konstruktor w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Urzędzeń Mechanicznych „OBRUM” sp. z o. o. z Gliwic.*



Marek Brzeżański, DSc., DEng. – Professor in the Faculty of Mechanical Engineering at Cracow University of Technology.

*Dr hab. inż. Marek Brzeżański – profesor na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej.*

