

UŻYTKOWANIE POJAZDÓW WOJSKOWYCH W WARUNKACH NIEDOBORU PALIW BAZOWYCH

UTILIZATION OF MILITARY VEHICLES UNDER SHORTAGE OF BASIC FUELS

W referacie przedstawiono ważność rynku paliw komercyjnych ze względu na możliwość zasilania silników pojazdów wojskowych w warunkach niedoboru paliw bazowych. Wymieniono i scharakteryzowano aktualnie, powszechnie dostępne paliwa zastępcze. Przedstawiono ich wpływ zarówno na pracę silników napędowych jak i na właściwości trakcyjne pojazdów. Na zakończenie podano ogólne zasady zasilania silników pojazdów wojskowych w warunkach niedoboru paliw bazowych.

Słowa kluczowe: pojazdy wojskowe, silniki wielopaliwowe, paliwa zastępcze.

The importance of common fuel market because of probability of fueling propulsive engines of military vehicles (diesel engines) under shortage of basic fuels was presented. Basic replace fuels currently commonly available were introduced. The impact of replace fuels on propulsive engines and military vehicles traction properties were presented. Common rules fueling of military vehicles engines of replace fuels were introduced.

Keywords: military vehicles, multifuel engines, replace fuels

1. Wstęp

Ogromne znaczenie, z punktu widzenia możliwości zapewnienia ciągłości wykonywanych zadań, mają paliwa, których dostawy podczas działań w warunkach kryzysowych mogą charakteryzować się dużą nierytmicznością.

Tak więc w każdej sytuacji niedoboru paliw bazowych bardzo wartościowe są lokalne, stacjonarne i ruchome źródła zaopatrzenia w materiały pędne, w tym stacje paliw na szlakach komunikacyjnych oraz zapasy paliwa w różnych zbiornikach i cysternach.

Asortyment paliw zgromadzonych w magazynach cywilnych różni się na ogół od bieżących potrzeb wojska w zakresie materiałów pędnych, które wynikają z rodzaju i liczby silników występujących w sprzęcie różnych rodzajów wojsk.

Prawie wszystkie silniki napędowe pojazdów wojskowych są zasilane olejem napędowym. Natomiast na komercyjnych stacjach paliw zgromadzone są znaczne ilości benzyn i olejów napędowych nowej formuły. Praktycznie dostępne są tylko benzyny bezołowiowe, wysokooktanowe (np. Eurosuper 95). Natomiast oleje napędowe są olejami o niskiej zawartości siarki (około 50 ppm, np. Eurodiesel Plus 50). Ponadto coraz większy udział w rynku paliw zajmują lekkie oleje opałowe, które również mogą być zastępczo wykorzystywane do napędu silników o zapłonie samoczynnym (ZS), a także Biodiesel (paliwo pochodzenia roślinnego do silników o ZS). Należy również wspomnieć o coraz większym zapasie paliw zgromadzonym w pobliżu lotnisk i wykorzystywanych do zasilania silników napędowych statków powietrznych. W szczególnych warunkach można mieszać paliwa tak, aby własności mieszanin jak najmniej wpływały na przebieg spalania i parametry użyteczne silników.

Ze względu na masowe zużycie paliw, dąży się do ujednoczenia asortymentu paliw w wojsku, a przykładem tego jest wprowadzanie w NATO jednolitego paliwa do tłokowych silników pojazdów mechanicznych i turbinowych silników śmigłowców (paliwo F-34). [1]

1. Introduction

Taking into consideration that delivery of fuels in crisis conditions could be inconstancy, possibilities of its supplies have played the bigger and bigger importance. Thus in every situation of shortage of basic fuels there is very valuable to have the local, stationary and moving supply sources of fuels, including the petrol stations down the communication routes and the stores of fuel in different reservoirs and tankers as well.

The assortment of fuels supplies in commercial stores, differs in general from current needs of the army in the range of fuels, which follow from the kind and number of the military vehicles engines.

Nearly all engines of military vehicles are fueled on diesel oil. However the considerable quantities of petrol and diesel oil of new formula are stored on commercial gas stations. Practically there are accessible only high octane unleaded petrol (eg. Eurosuper 95). Diesel oil has low content of sulphur (about 50 ppm, eg. Eurodiesel Plus 50). Moreover the light heating oils are getting more and more popular on the local market and they can be used as substitute to supply Diesel engines and also Biodiesel (fuel of vegetable origin to Diesel engines). It is also necessary to mention about fuels stored in the vicinity of airports, which are used more and more to supply turbine engines of planes. In special conditions it is possible to make the mixture of the proper fuels so that to create the new one with required parameters.

Owing to the fact that military vehicles use up a huge amount of fuels, there is a tendency to standardize the range of fuels to universal one. Let's take the example of the fuel F-34, which is the universal one for piston engines of motor vehicles and turbine engines of helicopters.

In spite of introduction to the land forces the universal fuels there is still growing up the meaning of use of the local sources of fuels. It is assessed that the quantity of light heating oil from one apartment house would be enough to travel 100 km by a company of Leopard 1 tanks. [2] The idea of guarantee of possibility of utilization various fuels from local market has

Pomimo wprowadzania idei paliwa uniwersalnego w dalszym ciągu wzrasta znaczenie wykorzystywania lokalnych źródeł paliw. Ocenia się, że olej opałowy z jednego bloku mieszkalnego średniej wielkości wystarcza do przejechania 100 km przez kompanię czołgów Leopard 1. [2] Idea zagwarantowania możliwości wykorzystania paliw z rynku lokalnego była podstawą zastosowania silników wielopaliwowych do napędu wozów bojowych.

2. Paliwa zastępcze

Paliwa zastępcze są to paliwa, którymi można zasilać silniki spalinowe, bez znaczącego ograniczenia ich wartości użytkowych w przypadku niedoboru paliw bazowych (w zastępstwie paliw zalecanych). Do tych paliw można zaliczyć paliwa zarówno ropopochodne jak i pochodzenia roślinnego, a także ich mieszaniny. Do aktualnie dostępnych na rynku powszechnym paliw zastępczych do silników o ZS zaliczamy:

- paliwa lotnicze (np. Jet A1, F-34),
- estry metylowe oleju rzepakowego (RME – Rape Seed Methyl Esters, Biodiesel),
- lekkie oleje opałowe (np. EKOTERM),
- mieszaniny paliw a – c w dowolnych stosunkach procentowych zarówno z olejem napędowym jak i między sobą,
- mieszaniny paliw a – c z benzyną (w stosunku objętościowym do 30%),
- mieszanina oleju napędowego z benzyną (w stosunku objętościowym do 30%).

Podstawowe właściwości wybranych paliw zastępczych przedstawiono w tablicy 1.

Tab. 1. Wybrane właściwości paliw zastępczych. ON IZ-40 – olej napędowy, całoroczny, stosowany w Siłach Zbrojnych RP, pozostałe oznaczenia w tekście

Tab. 1. Selected parameters of replaced fuels

Właściwości Characteristics	F-34	RME	EKOTERM	ON IZ-40
Gęstość, g/cm ³ , w temp. 15°C Density, g/cm ³ , in temp. 15°C	0,804	0,880	0,840 w 20 °C	0,831
Temperatura zapłonu, °C Flash point, °C	57	130	85	66
Temperatura blokady zimnego filtra, °C CCold Filter Plugging Point, °C	-0,54	-10	-	-31
Lepkość, m ² /s, w 40°C Viscosity, mm ² /s, w 40°C	1,27	6,00	5,1 w 20 °C	2,35
Liczba cetanowa Cetane number	45	57	-	50
Destylacja T90, °C Distillation T90, °C	225	340	do 350 °C destyluje 94,8% up to 350 °C destils 94,8%	330

3. Wpływ zasilania paliwami zastępczymi na pracę silników o ZS

Zasilanie silników o ZS paliwami lotniczymi (F-34, Jet A-1) nie nastęca większych problemów eksploatacyjnych. Tymi paliwami można zasilać silniki bez żadnych zmian parametrów układu zasilania. Należy się wówczas liczyć ze: spadkiem mocy silnika powodującego pogorszenie charakterystyk dynamiki pojazdów o około 4 - 8%, zwiększonym zużyciem paliwa o 5÷12% niż przy zasilaniu pojazdów olejem napędowym, zwiększonymi przeciekami paliwa w układzie wtryskowym. Dopuszcza się

encouraged engineers to create a multifuel engines assigned to drive the combat vehicles.

2. Substitute fuels

Fuels which can be used, in case of shortage of basic fuels (in replaced of recommended fuels), to supply engines without significant limitation of its useable parameters are called substitute fuels. To this group can be joined both fossil fuels, biofuels (fuels on vegetable origin) and their mixture. At present to the substitute fuels for fueling Diesel engines we can include such fuels as:

- fuels for turbine engines (Jet A1, F-34),
- rape seed methyl esters - RME, Biodiesel,
- light heating oils (eg. EKOTERM),
- the mixture of fuels a– c in any proportional relations both with and without diesel oil,
- the mixture of fuels a– c up to 30% with petrol (capacity rate),
- the mixture of diesel oil and petrol up to 30% (capacity rate).

A few usefull parameters of some substitute fuels were shown in table 1.

3. Influence of substitute fuels supply on running of diesel engines

Supply of Diesel engines of turbine engine fuels (F -34, Jet A -1) does not procure any significant problems. These fuels do not require any changes within the supply system of Diesel engines. However it is observed a decrease of power of engines which cause deterioration of dynamic characteristic of vehicle within 4 - 8%, bigger fuel consumption within 5 - 12% and enlarged leakages of fuel in the injection system. There is allowed to mix diesel oil with fuels for turbine engines in any proportions.[1]

mieszanie paliw lotniczych z olejem napędowym w dowolnych stosunkach. [1]

Silniki o ZS można również zasilać bezpośrednio paliwem typu Biodiesel (przy zachowaniu warunku spełnienia jakości tych paliw zgodnej z normą EN-PN 14214). Przy niezmiennych parametrach regulacji i nastaw silników można spodziewać się wówczas: spadku wartości mocy i momentu obrotowego do ok. 6% i wzrostu objętościowego zużycia paliwa o ok. 9%. Natomiast emisja składników toksycznych spalin jest uzależniona od konstrukcji silnika. Generalnie emisja węglowodorów, tlenu węgla i cząstek stałych jest niższa (węglowodorów - HC o ok. 20%, tlenu węgla - CO o 13%, cząstki stałe - PM o 16%), ale emisja tlenków azotu NO_x jest wyższa o ok. 20%. Należy jeszcze wspomnieć o dość istotnym zagrożeniu dotyczącym oddziaływania RME na uszczelnienia gumowe. Kontakt tego paliwa z uszczelnieniami (bądź przewodami paliwowymi) zawierającymi kauczuk (w silnikach sprzed 1990 r.) powoduje ich utlenianie (twardnienie), co w efekcie doprowadza do wzrostu przecieków. [3]

Zasilanie silników o ZS lekkimi olejami opałowymi jako paliwami zastępczymi (zabroniona przepisami ale stosowana na szeroką skalę szczególnie przez kierowców ciężarówek i rolników) nie stanowi większych problemów eksploatacyjnych. Lekkie oleje opałowe z powodzeniem mogą być stosowane jako zamiennik oleju napędowego. Mają one porównywalną gęstość z olejem napędowym, co nie wymaga zmiany dawki maksymalnej. Parametry silnika zasilanego lekkim olejem opałowym i napędowym są prawie identyczne. Jednak wyższa temperatura destylacji, większa lepkość i temperatura zapłonu może pogarszać parametry pracy silnika zasilanego tym paliwem w niskich temperaturach otoczenia. [2]

Benzyna bezolowiowa nie może być bezpośrednio stosowana jako paliwo zastępcze do silników o ZS. Silnik zasilany takim paliwem nie będzie pracował prawidłowo w całym zakresie prędkości obrotowej i szybko ulegnie zniszczeniu. Benzyna może być co najwyżej dodatkiem do paliw, które bez zastrzeżeń mogą być stosowane w silnikach o ZS. Ale nawet w sytuacjach uzasadnionych wyższymi potrzebami, udział benzyny w paliwie musi być ograniczony, a czas korzystania z takiego paliwa musi być możliwie krótki. W miarę bezpieczny jest udział 20 % benzyny w oleju napędowym i opałowym, a w wyjątkowych sytuacjach udział ten może być zwiększony do 25...30%. Stosując taką mieszaninę paliw można spodziewać się znaczących zmian parametrów użytecznych silnika, opóźnienia spalania względem górnego martwego położenia tłoka i wzrostu zadymienia spalin. Do paliwa rzepakowego można dodać nieco więcej benzyny (do 30%), dzięki temu, że paliwo to ma większą liczbę cetanową. [6]

Osobnym zagadnieniem jest zużycie eksploatacyjne silników zasilanych paliwami zastępczymi. Rozważając to zagadnienie rozpatrzono możliwy wpływ zasilania paliwami zastępczymi na podstawowy zespół odpowiedzialny za dostarczenie paliwa do komory spalania – aparaturę wtryskową.

Badania nie wskazują na znaczne zróżnicowanie zużycia eksploatacyjnego par precyzyjnych podczas zasilania RME w porównaniu do zasilania olejem napędowym, chociaż stwierdzono niewielką mniejszą wartość zużycia podczas pracy na RME. [3]

Podstawowym parametrem charakteryzującym paliwo pod kątem wpływu na zużycie elementów precyzyjnych aparatury wtryskowej (przy założeniu zachowania odpowiedniej czystości paliwa) jest smarność. [4], [5] Właściwości smarne RME i jego mieszanin z olejem napędowym przedstawiono w tablicy 2.

There is possible to supply Diesel engines directly by rape seed methyl esters (RME) fuels (having kept the quality accordingly to the EN - PN 14214 standard). Without changing the parameters of regulation in the injection system, it is appeared that the power and torque of engine is falling down about 6% and volumetric fuel consumption is growing about 9%. Gas emission depends on construction of an engine. Generally emission of hydrocarbons, carbon monoxide and particulate meters is lower (the hydrocarbons - HC about 20%, carbon monoxide - CO about 13%, particulate meters - the PM about 16%), but the emission of nitrogen oxides NO_x is higher about 20%. There is necessary to mention about some important dangare conserning an effect RME on rubber seals. The RME in contact with the rubber seals (or fuel pipe) including the caoutchouc (in engines made before 1990) can make the effect of their oxidation (the hardening), which as effect brings to growth of leakages. [3]

Supply of Diesel engines of light heating oils as substitute fuels (very popular with the farmers and lory drivers even though it is illegal) does not cause any important maintenance problems. Light heating oils with success can be replaced with diesel oils. They have comparable density. Light heating oil does not require any change of adjustment the maximum dose of fuel. The parameters of an engine in case of supply it by light heating oil and diesel oil are almost identical. However the higher temperature of distillation, viscosity and flash point can worsen the parameters of running of engine in case of low temperature conditions. [2]

Unleaded petrol is not proper to directly supply Disel engines. The engine fueled by petrol will not work, in the whole range of rotational speed, correctly and undergoes quickly destruction. Petrol can be at the most an addition to fuels which can be applied to Diesel engines. However, even in particular situations, the content of petrol in fuels has to be limited and the periode of use such fuel has to be possibly short. The safe content of petrol in diesel oils and light heating oils is 20% (maximum content in very short period of time up to 25...30%). Applying such mixture could make significant changes of useful parameters of engine, the deceleration of combustion and growth of exhaust gas smokiness. It is allowed to add somewhat more petrols (to 30%) to the RME, having known that the mixture in that case has greater cetane number. [6]

There is the separate question, how significant wear of engine is in case of use the substitute fuels . To give the answer there has been taken into consideration the possible influence of use the substitute fuels on the basic system responsible for supply fuels to combustion chamber - injection system.

The newest researches do not prove any considerable maintenance wear of precise units during supply the RME in comparison to supply the diesel oil, though the smaller value of wear was affirmed during running on RME. [3]

The basic parameter characterizing the fuel after analyse its influence on the wear of precise units of the injection system (the cleanness of fuel has not been taken into consideration) is the lubricity. [4], [5] The lubricity of RME and its mixtures with diesel oil was shown in table 2.

On the figure 1 has been shown the lubricity characteristics of the diesel oil (Eurodiesel Plus 50), light heating oil (Ekoterm) and them mixtures with petrol (Eurosuper 95) in volumetric proportions (v/v) 10 %, 20 % and 30 % petrol in mixture. Signs samples have been shown in table 3.

As has been shown on the figure 1 none of the presented pure fuels (diesel oil Eurodiesel Plus 50, light heating oil Ekoterm,

Natomiast na rys.1 zobrazowano graficznie właściwości smarne oleju napędowego Eurodiesel Plus 50, lekkiego oleju opałowego Ekoterm i ich mieszanin z benzyną Eurosuper 95 o stosunkach objętościowych (v/v) 10%, 20% i 30% benzyny w mieszaninie. Oznaczenia próbek przedstawiono w tablicy 3.

Jak wynika z przedstawionego rysunku czyste paliwa w postaci oleju napędowego Eurodiesel Plus 50, lekkiego oleju opałowego Ekoterm oraz oleju napędowego IZ-40 nie spełniają nie tylko wymagań określonych w Światowej Karcie Paliw (400 μm) ale również, mniej rygorystycznej, normy europejskiej EN 590:1999 (CEC F-06-A-96) zalecającej graniczną najwyższą wartość smarności na poziomie 460 μm. Dodatek, zarówno do oleju napędowego jak i oleju opałowego, benzyny powoduje poprawę właściwości smarnych tak powstałych mieszanin. Im większy udział procentowy domieszki benzyny, tym w większym stopniu ulegają poprawie właściwości smarne mieszanin.

diesel oil IZ-40) do not meet requirements included in the World Fuels Charter (400 μm) and in the less severe European Norm EN 590:1999 (CEC F-06-A-96) which recommends the highest boundary value of lubricity on the level 460 μm. Petrol addition, both to diesel oil and to light heating oil, causes the improvement of lubricity so formed mixtures. The larger content of petrol in mixture, the more improvement of lubricity characteristics

Tab. 2. Smarność oleju napędowego IZ-40, RME i ich mieszanin [3]

Tab. 2. Lubricity of diesel oil IZ-40, RME and their mixtures

Właściwości Characteristic	Metoda badania Method of research	Olej napędowy IZ-40 Diesel Oil IZ-40	Mieszanina ON / RME 70 / 30 Mixture IZ-40 / RME 70 / 30	Mieszanina ON / RME 40 / 60 Mixture IZ-40 / RME 40 / 60	RME
Smarność HFRR, średnica śladu zatrcia [μm] Lubricity HFRR, wear scar diameter [μm]	CEC F-06-A-96	491	173	169	159

Tab. 3. Oznaczenia próbek paliw zastępczych [2]

Tab. 3. Marks of replaced fuel samples

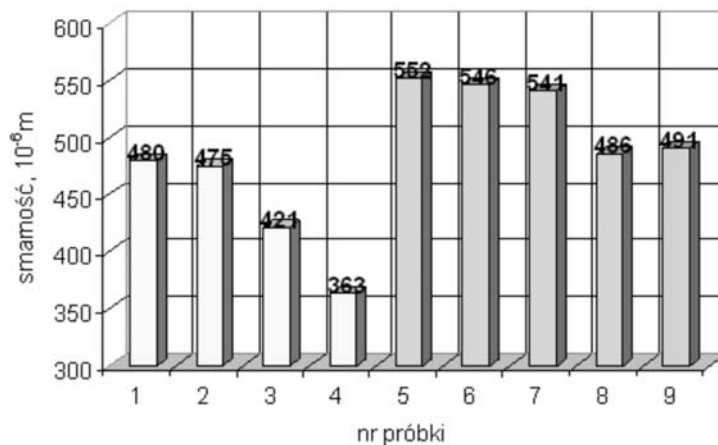
Nr próbki Nr of sample	Opis właściwości Characteristics
01	Olej napędowy Eurodiesel Plus 50 - 100 % Diesel Oil Eurodiesel Plus 50 - 100 %
02	Olej napędowy Eurodiesel Plus 50 - 90 % + benzyna Eurosuper 95 - 10 % Diesel Oil Eurodiesel Plus 50 - 90 % + petrol Eurosuper 95 - 10 %
03	Olej napędowy Eurodiesel Plus 50 - 80 % + benzyna Eurosuper 95 - 20 % Diesel Oil Eurodiesel Plus 50 - 80 % + petrol Eurosuper 95 - 20 %
04	Olej napędowy Eurodiesel Plus 50 - 70 % + benzyna Eurosuper 95 - 30 % Diesel Oil Eurodiesel Plus 50 - 70 % + petrol Eurosuper 95 - 30 %
05	Olej opałowy Ekoterm Plus - 100 % Light fuel oil Ekoterm Plus - 100 %
06	Olej opałowy Ekoterm Plus - 90 % + benzyna Eurosuper 95 - 10 % Light fuel oil Ekoterm Plus - 90 % + petrol Eurosuper 95 - 10 %
07	Olej opałowy Ekoterm Plus - 80 % + benzyna Eurosuper 95 - 20 % Light fuel oil Ekoterm Plus - 80 % + petrol Eurosuper 95 - 20 %
08	Olej opałowy Ekoterm Plus - 70 % + benzyna Eurosuper 95 - 30 % Light fuel oil Ekoterm Plus - 70 % + petrol Eurosuper 95 - 30 %
09	Olej napędowy IZ-40 Diesel Oil IZ-40

4. Właściwości trakcyjne pojazdów zasilanych paliwami zastępczymi

Właściwości trakcyjne pojazdu zasilanego paliwami zastępczymi określono metodą analityczną. Analizę przeprowadzono dla samochodu STAR 266 zasilanego olejem napędowym Eurodiesel Plus 50, lekkim olejem opałowym, mieszaninami oleju napędowego i oleju opałowego z 20 % zawartością benzyny Eurosuper 95. Do analizy wykorzystano wyznaczone przebiegi momentu obrotowego silnika 359, stanowiącego jednostkę na-

4. Traction characteristics of vehicles supplied with substitute fuels

Traction characteristics of vehicle have been described using analytical method. The analysis has been conducted for the STAR 266 car fuelled the diesel oil Eurodiesel Plus 50, light heating oil, mixtures of diesel oil and light heating oil with 20 % content of petrol Eurosuper 95. To the analysis has been used the calculated courses of the engine 359 torque, which is the STAR 266 power



Rys. 1. Właściwości smarne oleju napędowego Eurodiesel Plus 50, lekkiego oleju opałowego Ekoterm i ich mieszanin z benzyną Eurosuper 95 [2]
 Fig. 1. Lubricity properties of diesel oil Eurodiesel Plus 50, light heating oil Ekoterm and their mixtures with gasoline Eurosuper 95

pedową ww. pojazdu, a zrealizowano ją za pomocą specjalnie opracowanego programu komputerowego. [2]

Analiza modelowych charakterystyk trakcyjnych umożliwia wyciągnięcie następujących wniosków:

- maksymalna wartość siły napędowej (na biegu pierwszym) na kołach ulega niewielkiemu zmniejszeniu przy zasilaniu silnika napędowego samochodu mieszaninami oleju napędowego lub lekkiego oleju opałowego z benzyną (o zawartości 20 % benzyny w mieszaninie). W przypadku zasilania mieszaniną oleju napędowego i benzyny spadek maksymalnej siły napędowej wynosi 20 kN, tj. około 5,5 %. Natomiast w przypadku zasilania mieszaniną lekkiego oleju opałowego i benzyny spadek maksymalnej siły napędowej wynosi 29 kN, tj. 7,9 % w stosunku do zasilania „czystym” olejem opałowym,
- nie stwierdzono znaczącej różnicy w wartości maksymalnej siły napędowej na kołach (na biegu pierwszym) przy zasilaniu olejem napędowym jak i lekkim olejem opałowym,
- samochód STAR 266, poruszający się po drodze piaszczystej osiąga maksymalną prędkość około 4,9 m/s (17,6 km/godz.) bez względu na rodzaj zastosowanego paliwa.

5. Wnioski

Zasilając silniki o zapłonie samoczynnym, w warunkach niedoboru paliw zasadniczych, paliwami zastępczymi należy stosować się do następujących zasad ogólnych:

- w pierwszej kolejności stosujemy paliwa o zbliżonych właściwościach fizyko – chemicznych do oleju napędowego (tzn. paliwa lotnicze, lekkie oleje opałowe, biodiesel),
- nie należy zasilać silników (o zapłonie samoczynnym) „czystymi” benzynami bezołowiowymi, wysokooktanowymi,
- można stosować mieszaniny benzyn (bezołowiowych, wysokooktanowych) z olejami napędowymi, paliwami lotniczymi, lekkimi olejami opałowymi oraz biodieslem o zawartości do 20 % benzyn w mieszaninie (w sytuacjach awaryjnych można zwiększyć udział procentowy benzyn do 30 %).

unit. The characteristics were made using a special computer program [2].

The analysis of model traction characteristics makes possible to draw following conclusions:

- maximum value of driving power (in first gear) on wheels undergoes the small decrease, when the engine is fueled with mixtures of diesel oil or light heating oil with petrol (about 20 % content of petrol in mixture). In case the supply the mixture of diesel oil and petrol the decrease of maximum driving power is about 5.5% (20 kN). However in case of fueling of the mixture of light heating oil and petrol the decrease of maximum driving power is about 7.9 % (29 kN) in comparison to supply “fine” light heating oil,
- no significant differences have been affirmed when it comes to the value of the maximum driving power on wheels (in first gear) using to supply diesel oil and light heating oil,
- the car STAR 266, moving on sandy route has achieved the maximum speed about 4.9 m/s (17.6 km/h.) without regard on kind of applied fuel.

5. Conclusions

Fueling Diesel engines with substitute fuels in case of shortage of basic fuels, there should apply to general principles as follow:

- first of all to apply fuels with similar physics and chemical characteristics in comparison to petrodiesel (turbine engines fuels, light heating oils, RME),
- do not use petrol to supply Diesel engines,
- there is allowed to use the mixture of petrols (“fine” unleaded, high octanes) with petrodiesel, turbine engine fuels, light heating oils as well as biodiesel with up to 20% content of petrol (in emergency situations there is possible to enlarge to 30 % content of petrols).

6. References

- [1] Baczewski K., Kołodyński T., Walentynowicz J.: *Problems With Introducing a Single Fuel Concept In The Land Forces*, Military University Of Technology, Warsaw 2003.
- [2] Kowalski K., Drużga R., Komorek P., Ornatowski D.: *Zasilanie silników napędowych pojazdów wojskowych paliwami zastępczymi w aspekcie charakterystyk dynamicznych*, WSOWŁąd, Wrocław 2004.
- [3] Kowalski K.: *Model procesu zasilania silnika spalinowego paliwami odnawialnymi*, rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2001.
- [4] Semenov V.G.: *Optimization of the Composition of Binary Alternative Diesel Fuel*, Chemistry and Technology of Fuels and Oils, July 2003.
- [5] Semenov V.G., Zinchenko A.A.: *Alternative fuels of plant origin. Determination of fractional and chemical compositions*, Chemistry and Technology of Fuels and Oils, January 2005.
- [6] Walentynowicz J., Szczęch L., Karczewski M., Rajewski M.: *Dobór paliw zastępczych do silników pojazdów wojskowych*, WAT, Warszawa 2000.

Ppłk dr inż. Kazimierz KOWALSKI

Szef Katedry Zabezpieczenia Działań Bojowych,
Instytut Dowodzenia,
Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki
51-150 WROCŁAW, ul. Czajkowskiego 109
tel./fax 0717658291
e-mail: kkowalski@wso.wroc.pl; www.wso.wroc.pl
