

Jerzy SZUMNIAK*
Krzysztof SZCZEŚNIAK

WPŁYW WARUNKÓW EKSPLOATACJI POJAZDÓW WOJSKOWYCH NA ZMIANĘ WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW EKSPLOATACYJNYCH

Przechowywanie materiałów eksploatacyjnych przez długie okresy w układach pojazdów wojskowych przy oddziaływaniu zmiennych czynników środowiska obniża swoją jakość (starzeją się). Wpływa to istotnie na zmniejszenie potencjału użytkowego pojazdu. W artykule przedstawiono zmianę w czasie niektórych wskaźników jakościowych dla paliw, olejów, płynu chłodzącego (borygo) przechowywanych w układach pojazdu, a także dla opon bez ochrony i chronionych. Artykuł zakończono wskazaniem zmniejszającymi niekorzystny wpływ procesów starzenia na pojazd.

Słowa kluczowe: starzenie, materiały eksploatacyjne, paliwa, oleje, płyny chłodnicze, elastomery

WSTĘP

Większość sprzętu wojskowego wojska polskiego znajduje się w eksploatacji pasywnej. Sprzęt przechowywany jest [1] na ogół w stanie pełnej gotowości technicznej tj. z pełnymi zbiornikami paliwa i układami napełnionymi smarami ciekłymi i stałymi oraz specjalnymi cieczami (chłodziwa, płyny hydrauliczne). Produkty te są zużywane w procesie standardowego użytkowania sprzętu – uzupełnienie lub wymiana – dlatego zalicza się je do materiałów eksploatacyjnych. Pojęcie „materiały eksploatacyjne” nie jest jednoznacznie zdefiniowane. Zgodnie z [5] „materiałem” nazywa się tworzywo o określonej postaci lub przedmiot przeznaczony do użytku, „eksploatacja” zaś użytkowanie, wykorzystywanie urządzeń. W odniesieniu do pojazdów „materiałami eksploatacyjnymi” będą, obok paliw, olejów i płynów eksploatacyjnych [3], również niektóre materiały polimerowe [2] np. opony gumowe, złącza elastyczne, okładziny cierne, lakiery.

* dr hab. inż. Jerzy SZUMNIAK, mgr inż. Krzysztof SZCZEŚNIAK – Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej

Resurs urządzenia ustalany przez producenta (korygowany z uwzględnieniem warunków eksploatacji) najczęściej nie uwzględnia czasu przechowywania. Warunki przechowywania sprzętu są w zależności od możliwości technicznych bardzo różne – od zgodnych z wymaganiami (hangary, garaże) do skrajnie niekorzystnych (place na otwartej przestrzeni). Zmienne warunki otoczenia – dobowe i sezonowe zmiany temperatury, wilgotność, nasłonecznienie, stężenie pyłów i gazów w powietrzu oraz opady atmosferyczne, wpływają na stopniową zmianę jakości materiałów eksploatacyjnych. W niniejszym opracowaniu z uwagi na liczebność sprzętu wojskowego przedstawiono wyniki pomiarów zmian jakości niektórych magazynowanych materiałów na pojeździe. Wg danych na dzień 1 stycznia 2010 roku armia polska posiada na swoim wyposażeniu następujące obiekty:

Wojska Lądowe

- **czołgi** - (T-72, PT-91, Leopard 2A4): w Siłach Zbrojnych – **906**; w Wojskach Lądowych – **753**
- **wozy bojowe** - (BWP, BWR, KTO Rosomak, HMMWV, BRDM 2): w Siłach Zbrojnych – **1687**; w Wojskach Lądowych – **1597**
- **artyleria** - (122 mm HS Goździk, 152 mm AHS Dana, 122 mm wyrzutnia rakietowa BM21/RM70, moździerze, PPK Spike) - **1153**
- **śmigłowce** - (W-3 Sokół, Mi-2, Mi-24, Mi-8, Mi-17) - **143**

Siły Powietrzne

- **samoloty bojowe, szkolne i transportowe** – (F-16, MiG-29, Su-22, TS-11, PZL-130, Tu-154, Jak-40, C-295M, C-130, An-2, An-28, M-28) - **261**
- **śmigłowce** – (W-3, SW-4, Mi-2, Mi-8, Bell-412HP) - **58**

Marynarka Wojenna

- **okręty bojowe** – (fregaty rakietowe, korweta zwalczania okrętów podwodnych, korwety rakietowe, małe okręty rakietowe, okręty podwodne, niszczyciele min, trałowce, okręty transportowo-minowe) – **40**
- **jednostki pływające** – (jednostki pomocnicze, specjalistyczne, kutry i motorówki oraz warsztaty pływające) – **40**
- **samoloty** – samoloty – (samoloty patrolowo-rozpoznawcze An-28B1R i An-28B1RM Bis, samoloty monitoringu ekologicznego An-28 E, samoloty transportowe An-28TD) – **12**
- **śmigłowce** – (śmigłowce ratownicze W-3RM "Anakonda" i Mi-14PS, śmigłowce pokładowe ZOP Kaman SH-2G, śmigłowce ZOP Mi-14PŁ, śmigłowce transportowe W-3T i Mi-17, śmigłowiec Mi-2) – **30**

Inne obiekty

- trzy ośrodki przechowywania sprzętu;
- osiem rejonowych baz materiałowych;
- cztery okręgowe warsztaty techniczne;
- siedem rejonowych warsztatów technicznych;
- pojazdy logistyczne i chemiczne.

1. STARZENIE MATERIAŁÓW EKSPLOATACYJNYCH W PRZECHOWYWANYCH POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

Według [4] materiał zestarzany próbuje się zdefiniować jako „zmianę ponad czas, który redukuje właściwości eksploatacyjne materiału poniżej poziomu zwanego zwykle nadającym się do stosowania”. Poziom ten jest na ogół definiowany przez zbiór wymagań. W odniesieniu do paliw dotyczy on takich wskaźników, jak: zawartość żywic, lepkość, liczba zasadowa, temperatura zapłonu; w odniesieniu do olejów i smarów: smarność, lepkość, kwasowość; w odniesieniu do innych płynów np.: chłodniczego – korozyjność, hamulcowego – temperatura wrzenia (zależna od zawartości wody).

Czas składowania paliw zależny jest przede wszystkim od zmian jakościowych w procesie przechowywania. Zmiany jakościowe zależne są w dużej mierze od czystości paliwa.

W procesie magazynowania szczególną uwagę należy zwrócić na zanieczyszczenia paliw. Mogą to być substancje stałe, ciekłe lub gazowe rozpuszczone lub rozproszone w postaci odrębnej drobno zdyspergowanej fazy. Typowymi zanieczyszczeniami paliw są:

- zanieczyszczenia mechaniczne;
- woda w postaci odrębnej fazy;
- rozpuszczone sole, przechodzące w procesie spalania w popiół;
- substancje powierzchniowo czynne;
- mikroorganizmy.

Zanieczyszczenia mechaniczne podczas magazynowania przedostają się do paliw ze ścian zbiorników oraz z atmosfery. Innym źródłem powstawania zanieczyszczeń są osady wydzielane z paliw podczas procesu jego starzenia.

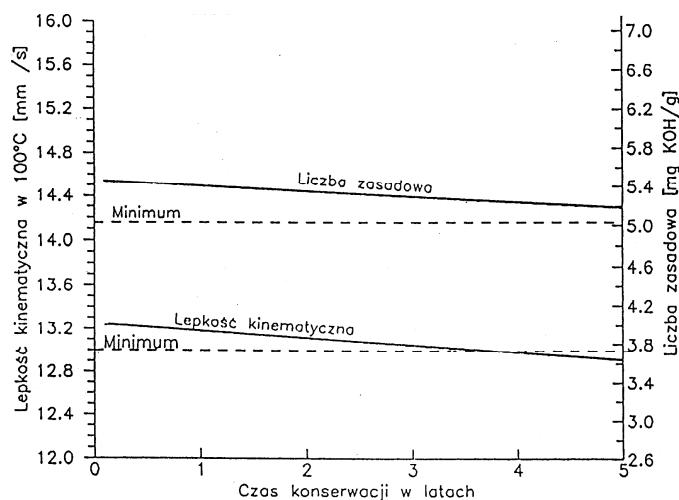
Mechanizmy starzenia są złożone. W przypadku benzyn mówi się głównie o reakcjach polimeryzacji i kondensacji albo o tworzeniu nadtlenuków w reakcjach łańcuchowych; wszystkie te procesy mogą być aktywowane katalitycznie i są ściśle związane z procesami magazynowania. Starzenie średnich destylatorów jest bardziej złożone. Silny wpływ na procesy starzenia odgrywają: rodzaj procesu rafineryjnego, aktywacja katalityczna oraz reakcje mikrobiologiczne. Główną rolę odgrywają kompleksowe związki siarkowe i azotowe oraz kwasy organiczne.

Kolejnym typowym rodzajem zanieczyszczenia, szczególnie trudnym do uniknięcia podczas magazynowania, jest woda. Występuje ona nie tylko w postaci odrębnej fazy na dnie i ściankach zbiornika, ale również jako woda rozpuszczona w paliwie lub zemulgowana. Woda przedostaje się do zbiornika z atmosfery w czasie dystrybucji, jak również wskutek kondensacji pary wodnej, wywołanej zmianami temperatury są to tzw. dzienne i nocne oddechy zbiornika. Jest ona również obecna w ostojach zbiorników. Woda powoduje niewłaściwe działanie paliwowych układów zasilania i ich korozję. W przypadku obniżenia temperatury wytrącające się kryształki lodu powodują oblodzenie filtrów i armatur paliwowych. Ponadto obecność wody w zbiorniku stwarza warunki do rozwoju makroorganizmów. Odstawienie paliwa i systematyczne odwadnianie zbiorników są najprostszymi sposobami usuwania wody.

Całkowite napełnienie zbiorników również ogranicza dopływ wody do paliwa. Szczególny rodzaj zanieczyszczenia stanowią mikroorganizmy. Podstawowym warunkiem ich rozwoju jest obecność wolnej wody na dnie lub ściankach zbiorników oraz w większości przypadków tlen. Zatem najkorzystniejsze warunki do rozwoju mikroorganizmów mają miejsce wtedy, gdy nad warstwą wody w zbiorniku znajduje się cienka warstwa paliwa, a dodatkowo temperatura jest w granicach 293 -308 K. Innym źródłem sprzyjającym rozwojowi mikroorganizmów jest powietrze atmosferyczne, w którym oprócz zanieczyszczeń istnieją grzyby, zarodniki i bakterie. Na szkodliwe działanie mikroorganizmów szczególnie narażone są średnie destylatory, a więc nafty, paliwa lotnicze i olej napędowy.

Rozwój mikroflory w paliwach powoduje:

- wytwarzanie substancji o podwyższonym działaniu korozyjnym, co powoduje zniszczenie zbiorników, a tym samym wzrost ilości zanieczyszczeń mechanicznych;
- niekorzystne zmiany właściwości fizykochemicznych paliw wynikające z rozkładu węglowodorów i dodatków uszlachetniających jak również z wytwarzania kwasów i gazów oraz metabolitów korozyjnych, co powoduje spadek stabilności chemicznej i termicznej (rys. 1);
- wytwarzanie substancji powierzchniowoczynnych;
- powstawanie osadów i błon biologicznych na ścianach zbiorników i przewodów, zanieczyszczających produkt po oderwaniu się od podłoża;
- zatykanie filtrów i przewodów paliwowych w eksploatacji.

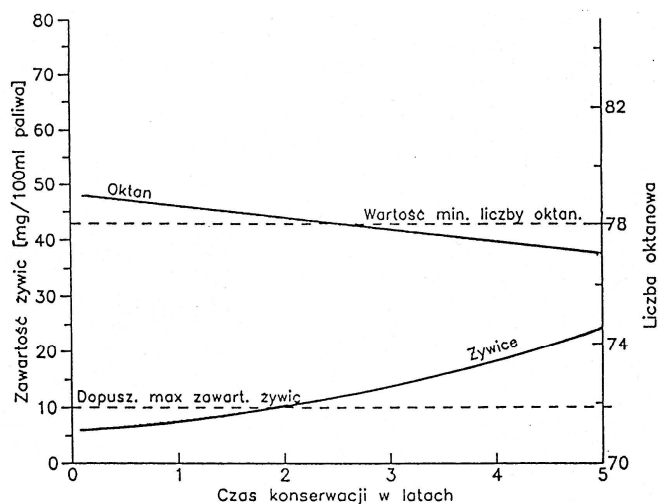


Rys. 1. Lepkość kinematyczna w 100°C i liczba zasadowa oleju silnikowego Superol w pojazdach SKOT-2A i STAR 266

Źródło: Opracowanie własne

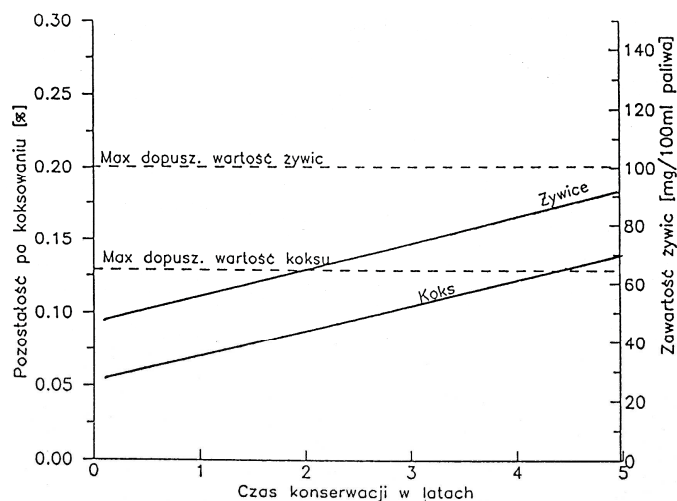
Podczas długotrwałego magazynowania paliw kolejną właściwością mającą istotny wpływ na eksploatację produktu jest zawartość żywic. W analityce rozróżnia się żywice obecne, rozpuszczone w paliwie oraz żywice potencjalne, mogące powstać pod wpływem np. tlenu, temperatury, światła. Po osiągnięciu pewnego stężenia żywice obecne wytrącają się z produktu w postaci osadów i odkładając się na ściekach układu

paliwowego, obniżają jego niezawodność. Zawartość żywic obecnych pozwala prognozować ilość żywic potencjalnych, jaka może powstać w procesie długotrwałego przechowywania (rys. 2÷3).



Rys. 2. Zmiana zawartości żywic i liczby oktanowej dla benzyny przechowywanej w układzie pojazdów Star 660, GAZ 69 i BRDM-2

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3. Zawartość żywic i koks w oleju napędowym IŻ-50 pojazdów SKOT, T-34

Źródło: Opracowanie własne

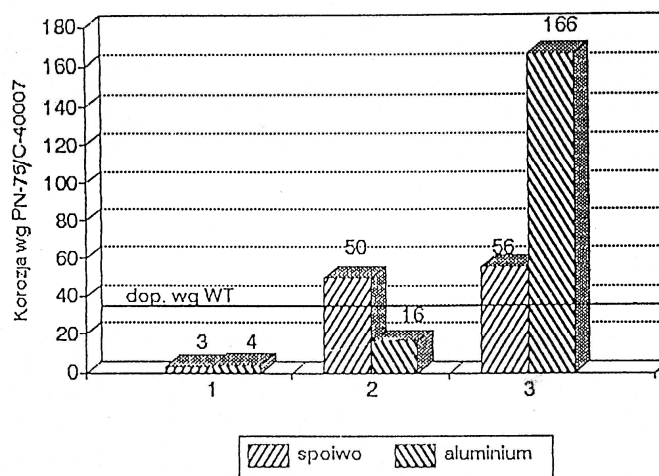
Nadmierna ilość żywic obecnych w paliwach może powodować następujące niesprawności silników:

- zatykanie filtrów i przewodów dylatacyjnych;
- osadzanie na trzonkach i grzybkach zaworów oraz ściankach komór spalania powoduje zawieszanie zaworów oraz pogarsza wymianę ciepła, co ujemnie wpływa na odparowywanie paliwa;

- zmianę charakterystyk wtryskiwaczy lub parownic;
- zatykanie porów filtrów cząstkami zanieczyszczeń oblepionych żywicami; zakłócenia w pracy urządzeń automatycznej regulacji silnika, w wyniku zawisania tłoczków i suwaków przyklejonych do tuneli przez osadzające się w nich żywice.

Omówione czynniki mają szczególne znaczenie dla kształtowania jakości paliw w procesie długotrwałego magazynowania. Jakość paliw w tym czasie ulega istotnym zmianom fizykochemicznym mającym istotne znaczenie eksploatacyjne. Dbłość o jakość produktu oznacza głównie ochronę przed starzeniem i stratami komponentów. Podczas gdy ta ostatnia jest powszechnie praktykowana przez wszystkich, którzy handlują produktami naftowymi, pierwsza pozostaje głównie dla jednostek zajmujących się magazynowaniem. Ponieważ problemy starzeniowe rosną wraz z głębokością krakingu, zauważono pogorszenie jakości także podczas krótkich okresów przechowywania. Technologie ochrony przed starzeniem są wciąż zacofane i ograniczają się głównie do stosowania dodatków.

Parametrem oceny płynów chłodzących może być temperatura wrzenia i zamarzania, korozyjność, podatność do tworzenia piany. Na rysunku 4 pokazano zmianę korozyjności płynu „borygo” dla powszechnie wprowadzanej chłodnicy aluminiowej. Po pięciu latach przechowywania płynu w chłodnicy korozyjność jego wzrosła ponad wymagania WT w odniesieniu do aluminiowych 5 krotnie, a w odniesieniu do spoiwa 2 krotnie. Płyn należało wymienić po 3 latach magazynowania w chłodnicy.



Rys. 4. Korozyja spowodowana przez płyn Borygo. Stan wyjściowy (1) oraz po przechowywaniu przez 4 lata (2) i 5 lat (3)

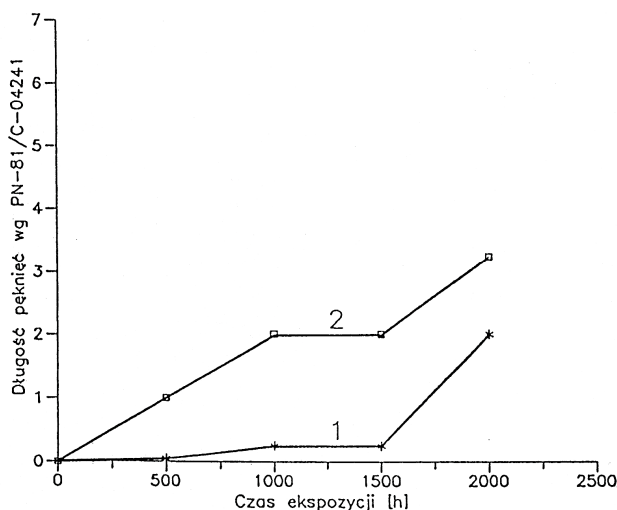
Źródło: Opracowanie własne

Dla elastomerów badano zmianę własności opon. Długotrwałe przechowywanie opon pojazdów mechanicznych objawia się wyraźnie zmianami w ich wyglądzie zewnętrznym, zmianami właściwości fizycznych i chemicznych. Wpływ na starzenie ma głównie obecność ozonu w powietrzu, światła słonecznego, wilgoci, temperatury oraz naprężeń. Stwierdzono, że po upływie czterech lat przechowywania na otwartej przestrzeni, twardość opony wzrosła o 14%, co niewątpliwie wpłynęło na zmianę jej

własności użytkowych – ścieralność, przyczepność. Ochrona w pokrowcu zmniejsza ten przyrost prawie 3 krotnie – rysunek 5. Skuteczna jest również ochrona przed starzeniem przy zastosowaniu wosków – rysunek 5. Z czasem ekspozycji dla elastomeru chronionego woskiem długość pęknięć jest mniejsza, a ich wzrost następuje po czasie dłuższym niż dla elastomeru niechronionego.

Wpływ warunków atmosferycznych na oponę objawia się dwójako:

- utlenieniem katalizowanym, głównie poprzez światło, wilgoć, ciepło i naprężenia. Powodują one zmianę właściwości fizycznych, barwy i powstawanie nieregularnych pęknięć w postaci gęstej siatki;
- pękaniem spowodowanym działaniem ozonu, ujawniającym charakterystyczne głębokie pęknięcia w kierunku prostopadłym do działania naprężeń. Spękania od działania ozonu mogą również wystąpić przy osłonięciu gumy przed bezpośrednim działaniem ozonu.



Rys. 5. Średnia wartość długości powierzchniowych pęknięć gumy sztucznie starzonej niechronionej (2) i chronionej woskiem WU-III B wg [6]

Źródło: Opracowanie własne

Procesy starzenia przebiegające na zewnątrz materiału można stwierdzić podczas wizualnej rejestracji pęknięć oraz pomiarów zmian twardości gumy. Obserwacja zmian wewnątrz opony jest w ten sposób niemożliwa. Wpływ zmian właściwości gumy na warstwy wewnętrzne można zaobserwować dopiero po przeprowadzeniu badań zmęczeniowych (niszczących). Niestety badania takie charakteryzują się często dużym rozrzutem wyników.

WNIOSKI

1. Utrata potencjału użytkowego pojazdów długotrwale przechowywanych (magazynowanych) spowodowana jest procesami starzenia i korozji. Szczególnie wrażliwe na starzenie są paliwa, oleje, płyny chłodnicze i hydrauliczne (hamulcowe) oraz niektóre polimery – elastomery (opony, złącza, uszczelnienia). Niewątpliwie starzeniu podlegają również materiały optyczne i elektroniczne, jednak intensywność tych procesów w warunkach przechowywania sprzętu wojskowego nie jest autorom znana.

2. Z przeprowadzonych badań i informacji źródłowych wynika, że dla eliminacji negatywnych skutków starzenia należy wymieniać okresowo:

- w zbiornikach pojazdów paliwo (benzynę co 3-4 lata, olej napędowy co 4-5 lat);
- w układzie chłodzenia płyn co 2-3 lata (producent zaleca wymianę co 2 lata);
- w układach smarowania olej co 5-6 lat;
- opony, przeguby elastyczne, gumowe złącza olejowe i paliwowe co 6-8 lat.

Powyższe zalecenie dotyczy przechowywania sprzętu na otwartej przestrzeni w atmosferze przemysłowej (dolna wartość) i poza ośrodkami miejskimi i przemysłowymi (górną wartość). Zaniedbanie wymiany z układów płynów eksploatacyjnych wpłynie na znaczące obniżenie potencjału niezawodnościowego pojazdów.

3. Intensywność starzenia ww. materiałów można istotnie zmniejszyć stosując:

- atmosferę ochronną o stabilnej wilgotności (~ 60% wilgotności względnej) i temperaturze $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ oraz niskim zapyleniu;
- odciążanie opon pojazdów (zmniejszanie ciśnienia podparcia pod ramą);
- utrzymanie sprzętu w odpowiedniej czystości (czyszczenie bezpośrednio po pracy, suszenie o myciu);
- mycie z użyciem środków wspomagających, zalecanych przez producenta sprzętu (unikanie do czyszczenia i mycia węglowodorów i środków silnie kwaśnych lub zasadowych);
- chronienie sprzętu przed światłem, szczególnie ultrafioletem;
- przechowywanie materiałów z dala od źródeł ciepła;
- zachowanie wysokiego poziomu czystości przy wymianie płynów eksploatacyjnych ze zbiorników i układów; napełnianie zbiorników paliwem do pełna;
- okresowe (2 razy w roku) opróżnianie odstożników wody z układów i zbiorników;
- stosowanie wosków ochronnych i innych środków antystarzeniowych (pokrowców).

4. Ponieważ asortyment materiałów w pojazdach podatnych na starzenie nie będzie małą, należy wymagać od producentów szerszego stosowania w strukturze materiałów dodatków antystarzeniowych (antyoksydantów).

LITERATURA

- [1] Niziński S., *Eksploatacja obiektów Technicznych*, Wydawnictwo ITE, Radom 2002.
- [2] Wasiljewa L. C., *Awtomobilnyje ekspluatacyjnyje materiały*, Wydawnictwo Transport, Moskwa 1986.
- [3] Zwierzycki W., *Paliwa, oleje, motoryzacyjne płyny eksploatacyjne*, Wydawnictwo ITE, Radom 1998.
- [4] Kubowicz A., *Jakość paliw w procesie magazynowania*, [w:] „Paliwa, oleje i smary w eksploatacji”, nr 67/1999.

- [5] *Leksykon naukowo-techniczny*, PWN, Warszawa 1989.
- [6] Jakubiec J., *Zmiana właściwości użytkowych olejów silnikowych w warunkach eksploatacji*, [w:] „Paliwa, oleje i smary w eksploatacji”, nr 83/2000, 84/2001.
- [7] Czarnecki J., Żyskowski A., *Oddziaływanie woskowych środków antykorozyjnych na gumę*, [w:] „Informator WITPiS”, Sulejówek 1987.
- [8] [online]. [dostęp: 2010]. Dostępny w Internecie: www.wikipedia.pl.
- [9] [online]. [dostęp: 2010]. Dostępny w Internecie: http://www.wp.mil.pl/pl/strona/206/LG_54_181.

INFLUENCE OF MILITARY VEHICLES OPERATIONAL CONDITIONS ON CHANGE OF OPERATIONAL MATERIALS PROPERTIES

Summary

The quality of operational materials stored for a long time in military vehicle systems deteriorates under the influence of changeable weather conditions (ageing). This substantially results in decreasing the functional potential of a vehicle. The article discusses changes in time of qualitative indices for fuels, oils, cooling liquid (borygo) stored and also for tyres without protection and protected. The final part of the article presents recommendations that reduce the adverse impact of ageing processes in a vehicle.

Key words: *ageing, operational materials, fuels, oils, cooling liquids, elastomers*

Artykuł recenzował: dr hab. inż. Paweł DROŹDZIEL