

ANALIZA PORÓWNAWCZA ROCZNYCH KOSZTÓW ZAKUPU OLEJU SILNIKOWEGO W ZALEŻNOŚCI OD JEGO RESURSU, NA PRZYKŁADZIE SYSTEMU AUTOBUSOWEJ KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

Maciej WOROPAY, Adam BUDZYŃSKI, Klaudiusz MIGAWA
Katedra Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny
Akademia Techniczno – Rolnicza, ul. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
fax: (52) 3408495, e-mail: kem@mail.atr.bydgoszcz.pl

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono wyniki analizy rocznych kosztów zakupu oleju silnikowego w wybranym systemie autobusowej komunikacji miejskiej, w zależności od stosowanej strategii wymian oleju. Zmianę strategii wymian oleju silnikowego zaproponowano na podstawie wyników badań własności smarnych tego oleju. Badania dotyczyły zmian własności smarnych, lepkości kinematycznej, liczby zasadowej oraz koncentracji w oleju produktów zużycia powierzchni roboczych elementów silników. Dla obydwu strategii (dotychczasowej i proponowanej) wyznaczono roczne koszty zakupu oleju silnikowego.

Słowa kluczowe: olej silnikowy, koszty eksploatacyjne, system transportowy, reśurs.

COMPARATIVE ANALYSIS OF YEAR-LONG EXPENCES OF ENGINE OIL PURCHASE DEPENDING ON OIL'S LIFE-TIME, ILLUSTRATED WITH THE EXAMPLE OF THE URBAN BUS TRANSPORT SYSTEM

Summary

The paper presents results of analysis of year-long expences of engine oil purchase in the chosen urban bus transport system, depending on applied maintenance strategy of the oil replacement. The brand new strategy of the oil replacement was suggested on the basis of results of our own experiments, that were connected with changes of oil lubrication properties, kinematic viscosity, OH factor and oil pollution caused by engine's working surfaces damages. All year-long expences of engine-oil purchase were found for both previous and suggested maintenance strategies.

1. WPROWADZENIE

Czas eksploatacji olejów smarujących jest w większości przypadków ściśle określony. Jednym z głównych powodów wycofywania olejów z eksploatacji jest ich nadmierne zanieczyszczenie produktami stałymi. W olejach gromadzą się nierozpuszczalne produkty zużycia tribologicznego powierzchni roboczych maszyn, pyły z atmosfery oraz produkty starzenia, które powstają w wyniku utleniania, rozkładu i polimeryzacji zawartych w nich węglowodorów i dodatków uszlachetniających. Rodzaj i intensywność procesów starzenia (w szczególności intensywność gromadzenia się zanieczyszczeń) zależą od jakości czynników smarujących oraz warunków ich eksploatacji. Skutkiem procesu wchłaniania zanieczyszczeń jest trwała zmiana składu chemicznego czynników smarujących, powodująca utratę własności smarnych. Zużycie olejów w silnikach, powoduje wyczerpywanie rezerwy alkalicznej, powstawanie silnie stężonych agresywnych kwasów oraz wzrost intensywności zużycia tribologicznego elementów roboczych silników.

W systemach transportowych, a w szczególności w Miejskich Zakładach Komunikacyjnych, wymiany olejów silnikowych w autobusach dokonuje się na podstawie ustalonego przebiegu kilometrowego, zgodnie ze stosowaną strategią wg potencjału eksploatacyjnego (resursu). Oznacza to, że po osiągnięciu założonego przebiegu kilometrowego, oleje są wymieniane niezależnie od ich rzeczywistego stanu. Na podstawie analizy wyników zrealizowanych badań, zamieszczonych w opracowaniu, stwierdzono, że wymiany środków smarujących dokonuje się przeważnie zbyt wcześnie tj. w chwili, kiedy ich własności smarne są jeszcze na zadowalającym poziomie. Przyczyną stosowania wspomnianej strategii jest brak tanich i prostych metod diagnozowania stanu olejów silnikowych podczas ich eksploatacji.

Z uwagi na powyższe, w niniejszym opracowaniu zaproponowano zmianę wartości resursu pracy olejów na podstawie wartości ich rzeczywistych wskaźników tribologicznych. Aby ustalić wartość, o jaką można zwiększyć dotychczasowe przebiegi pojazdów, między wymianami oleju, niezbędne jest dokładne

wyznaczenie składu chemicznego oleju, po ustalonych przebiegach.

2. PROCES POWSTAWANIA ZANIECZYSZCZEŃ W OLEJACH SILNIKOWYCH

Do zanieczyszczania olejów dochodzi podczas ich wytwarzania oraz eksploatacji. Koncentracja zanieczyszczeń oleju silnikowego zależy od stanu technicznego i warunków eksploatacji silnika, rodzaju i stanu układu filtracji, rodzaju stosowanego oleju, ilości jego dolewek oraz rodzaju stosowanego paliwa. Do zanieczyszczeń przedostających się z zewnątrz do olejów silnikowych zalicza się:

- cząstki pyłu i piasku przenikające do oleju przez układ zasilania silnika wraz z powietrzem i paliwem, przez układ wentylacji silnika i różnego rodzaju nieuszczelnienia, podczas zalewania świeżego oleju oraz w czasie prac obsługowych,
- wodę przenikającą z powietrzem, paliwem i świeżym olejem.

Czynniki zanieczyszczające, które generowane są w silnikach, to:

- cząstki metalu, ścier szlifierski, pył i piasek obecne w silnikach po procesie wytwarzania lub w wyniku niewłaściwej eksploatacji,
- cząstki paliwa,
- produkty niepełnego spalania w stanie stałym (cząstki sadzy, nagarów itp.) oraz w stanie ciekłym (m.in. woda i kwas),
- produkty przemian chemicznych oleju – utleniania, rozkładu termicznego i polimeryzacji związków węglowodorowych zawartych w oleju,
- ciecz chłodząca, przedostająca się do układu smarowania.

Powstawanie zanieczyszczeń i przemian chemicznych olejów spowodowane jest działaniem wysokich temperatur i tlenu na cienką warstewkę filmu olejowego usytuowanego na gładziach tulei cylindrowych, pierścieniach tłokowych i na powierzchniach bocznych tłoków. W zanieczyszczeniach oleju silnikowego, udział cząstek stałych w olejach pracujących w silnikach z ZI, nie przekracza 0,6%, a w olejach stosowanych w silnikach z ZS około 1,0%. Największą frakcją zanieczyszczeń stałych, występujących w olejach silnikowych, są zanieczyszczenia o gabarytach od 1 do 3 μm . Po filtrowaniu oleju zawartość drobnych cząsteczek, o gabarytach od 1 do 2 μm wynosi ok. 40% wszystkich zanieczyszczeń stałych. Na ogół przyjmują się, że od 75% do 96% stałych zanieczyszczeń olejów silnikowych posiada rozmiary mniejsze, niż 3 μm , a 99% cząstek stałych, mniejsze, niż 10 μm .

3. CEL OPRACOWANIA

Celem opracowania jest wyznaczenie zysku, uzyskanego dzięki zmianie strategii wymiany oleju

silnikowego w autobusach eksploatowanych w Miejskich Zakładach Komunikacyjnych w wybranej aglomeracji miejskiej. Analiza zysku polega na porównaniu kosztów zakupu oleju silnikowego, wynikających ze stosowania dotychczasowej strategii eksploatacyjnej i porównaniu ich z kosztami, jakie należy ponieść w wyniku zastosowania zaproponowanej strategii, polegającej na przedłużeniu ресурсu czynników smarujących na podstawie rzeczywistego stanu oleju. Informacje dotyczące rzeczywistego stanu oleju uzyskano na podstawie dokładnych badań diagnostycznych.

4. OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań jest system miejskiego transportu autobusowego w wybranej aglomeracji miejskiej. W analizowanym systemie miejskiego transportu autobusowego eksploatuje się 213 pojazdów następujących marek: Volvo, Man, Jelcz oraz Ikarus. Przebadano próbki substancji smarujących, pochodzące z 11 wybranych pojazdów, tj.:

- | | |
|--------------------|------------------------|
| - Volvo B10MA | - przebieg 395.000 km, |
| - Volvo B10BLE | - przebieg 370.000 km, |
| - Volvo B10BLE 6*2 | - przebieg 40.000 km, |
| - Volvo B10L | - przebieg 230.000 km, |
| - Volvo B10LA | - przebieg 260.000 km, |
| - Ikarus 280/70B | - przebieg 250.000 km, |
| - Jelcz LO90M | - przebieg 82.000 km, |
| - Jelcz M181MB | - przebieg 350.000 km, |
| - Jelcz M181MB | - przebieg 145.000 km, |
| - Jelcz M181M | - przebieg 130.000 km, |
| - Ikarus 280 | - przebieg 85.000 km. |

W badanych pojazdach dokonano wymian olejów smarujących, a następnie sprawdzono ich skład chemiczny i fizyczny po wymianie oraz po jednakowych, ustalonych przebiegach od chwili wymiany: 500, 10.000 oraz 20.000 km.

4.1. Oleje silnikowe stosowane w badanym systemie transportowym

W badanym systemie transportowym do smarowania silników stosuje się dwa rodzaje oleju firmy VECO: Challenger SHPD oraz Super Motor Oil HD-C IL Turbo CE/SF.

Olej silnikowy VECO Challenger SHPD, to wysokiej jakości wielosezonowy olej przeznaczony do stosowania w czterosurowych silnikach z ZS, doładowanych i turbodoładowanych. Olej SHPD zapewnia bardzo dobre własności użytkowe w zróżnicowanych warunkach pracy silnika i spełnia bardzo rygorystyczne wymagania producentów samochodów.

Olej VECO Super Motor Oil HD-C IL Turbo CE/SF to wielosezonowy, uniwersalny olej silnikowy, przeznaczony do stosowania w czterosurowych silnikach z ZS z turbo-

doładowaniu, pracujących w trudnych warunkach oraz w silnikach z zapłonem iskrowym. Oleje klasy CE/SF zapewniają dobre własności użytkowe w zróżnicowanych warunkach pracy silnika.

5. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań próbek olejów smarujących przedstawiono w tabelach 1 i 2. Podczas diagnozowania olejów smarujących przeprowadzono następujące doświadczenia:

- badania własności smarnych, tj ustalenie wartości obciążenia zespawania P_z , wartości obciążenia niezacierającego P_n oraz wartości współczynnika zużycia pod obciążeniem I_h ,
- ustalenie wartości współczynnika lepkości kinematycznej oraz wartości liczby kwasowej,
- badania koncentracji produktów tribologicznego zużycia się powierzchni roboczych elementów silników, które polegały na ustaleniu zawartości Fe, Al, Cu, Pb i Cr w próbkach olejów.

6. PROPOZYCJA NOWEJ STRATEGII WYMIANY OLEJU SILNIKOWEGO

Obecnie stosowana strategia eksploatacyjna dotycząca wymiany olejów silnikowych polega na ich wymianie, co ściśle określoną wartość przebiegu pojazdów autobusowych, począwszy od chwili ostatniej wymiany olejów.

Wartości przebiegów pojazdów autobusowych będące wyznacznikiem realizacji decyzji o podjęciu wymiany olejów smarujących, które stosowane są w obecnej strategii eksploatacyjnej, są zasugerowane przez producentów pojazdów autobusowych.

Na podstawie analizy wyników badań, opracowano nową strategię wymiany oleju silnikowego w autobusach eksploatowanych w Miejskich Zakładach Komunikacyjnych w wybranej aglomeracji miejskiej.

W autobusach eksploatowanych w analizowanym systemie autobusowej komunikacji miejskiej zaproponowano zwiększenie rezerwy oleju silnikowego na podstawie monitorowania wartości parametrów określających stan oleju, zawartych w tabelach 1 oraz 2.

7. ANALIZA ZMNIEJSZENIA KOSZTÓW WYNIKAJĄCYCH ZE ZMIANY STRATEGII EKSPLOATACYJNEJ WYMIANY OLEJÓW SILNIKOWYCH

Pierwszym etapem analizy ekonomicznej było oszacowanie średniego rocznego przebiegu dla statystycznego autobusu, eksploatowanego w Miejskim Zakładzie Komunikacyjnym w wybranej aglomeracji miejskiej.

Zakłada się, że przeciętny autobus przejeżdża dziennie, kursując na zmianie krótkiej, od 100÷150

km, natomiast kursując na zmianie długiej: 250÷350 km. Uśredniając te wartości można przyjąć, że średni roczny przebieg autobusu to ok. 80 000 km. Obliczenia kosztów wymiany oleju przeprowadzono zarówno w przypadku dotychczasowej strategii eksploatacyjnej, jak i strategii zaproponowanej. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Wskaźnik zmniejszenia kosztów wynikający ze zmiany strategii wymiany olejów zdefiniowano jako iloraz poniesionych kosztów na wymianę oleju według dotychczasowej strategii do kosztów ponoszonych przy wdrożeniu nowej strategii. Wartości tego wskaźnika dla poszczególnych typów eksploatowanych autobusów przedstawiono w tabeli 5. W wyniku zastosowania proponowanej strategii eksploatacyjnej osiągnięto prawie dwukrotne (1,9) zmniejszenie kosztów ponoszonych na zakup oleju silnikowego w analizowanym systemie transportu miejskiego.

8. WNIOSKI

1. Na podstawie analizy wyników badań tribologicznych możliwe jest przedłużenie rezerwy olejów silnikowych stosowanych w pojazdach autobusowych, eksploatowanych w Miejskich Zakładach Komunikacyjnych w wybranej aglomeracji miejskiej.
2. Przedłużanie okresów pomiędzy wymianami olejów silnikowych umożliwia znaczne obniżenie poniesionych w tym celu kosztów.
3. Produkty zużycia gromadzące się w oleju smarowym są nośnikiem informacji diagnostycznej.
4. Rozszerzając zakres badań olejów w połączeniu z systematycznym sprawdzaniem wartości najważniejszych parametrów świadczących o zdatności, można wyznaczyć chwilę, w której olej przestaje spełniać swoją funkcję w silniku spalinowym.

9. LITERATURA

- [1] Michałowska J.: Paliwa, oleje, smary, WKiŁ Warszawa 1977
- [2] Hebda M., Wachal A.: Trybolgia, WNT Warszawa 1980
- [3] Bieńczyk K., Lewitowicz J.: Ocena stanu technicznego systemów tribologicznych silników lotniczych i przekładni na podstawie produktów zużycia. Problemy badań i eksploatacji techniki lotniczej. Tom 4. Wydawnictwo ITWL, Warszawa 1999
- [4] Janecki J.: Badanie procesu zużycia silnika spalinowego w oparciu o analizę osadów w filtrze olejowym. Rozprawa doktorska, Sulejówek 1988
- [5] Kosicki J., Leszek W., Leszek W.: O racjonalnym okresie wymiany oleju w wysoko- i średnio- i niskoprężnych silnikach autobusów, Zeszyty

- Naukowe Politechniki Poznańskiej: Maszyny Robocze i Pojazdy Nr 25, Poznań 1985
- [6] Sobańska-Górska K.: Eksploatacyjna weryfikacja przydatności przyrządu Lubri, Sensor do szybkiego określania optymalnego czasu pracy oleju silnikowego. Biuletyn Informacyjny Instytutu Transportu Samochodowego Nr 2, Warszawa 1996
- [7] Merkisz J.: Wymagania stawiane olejom silnikowym przez współczesne szybkoobrotowe silniki spalinowe. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej: Maszyny Robocze i Pojazdy Nr 39, Poznań 1993
- [8] Lawrowski Z.: Technika smarowania. PWN, Warszawa 1987
- [9] Dudek A.: Oleje smarowe Rafinerii Gdańskiej. Met-Press Gdańsk 1997
- [10] Laber S.: Laber A., Niedziela N.: Ocena zmian w procesie eksploatacji wybranych własności oleju silnikowego CE/SF SAE 15W/40 modyfikowanego dodatkiem MILITEC-1. Problemy Maszyn Roboczych. Zeszyt 15, ITE Radom 2000
- [11] Laber S.: Laber A., Cedro K.: Badania w zakresie nowej technologii wymiany oleju w silnikach spalinowych. Problemy Maszyn Roboczych. Zeszyt 15. ITE Radom 2000
- [12] Woropay M.: Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn, Radom 1996

Tab. 1. Wartości lepkości, parametrów smarości oraz liczby kwasowej badanych olejów

Nr boczny	Marka i typ autobusu	Nr próbki	Przebieg po wymianie oleju [km]	Właściwości smarne wg PN-C-04147 : 1976			Lepkość kinematyczna w 100°C [mm ² /s]	Liczba kwasowa [mg KOH/g]
				Pn [kN]	P _r [kN]	lh[kN]		
2461	VOLVO B10MA	1	500	0,98	2,45	0,44	13,45	2,65
		2	10000	0,98	3,09	0,46	13,06	2,72
		3	20000	0,98	3,09	0,46	12,83	2,85
2704	VOLVO B10BLE	4	500	0,98	2,45	0,43	13,58	2,45
		5	10000	0,78	2,45	0,37	12,84	2,48
		6	20000	0,98	2,45	0,44	12,44	2,32
2788	VOLVO B10BLE 6*2	7	500	0,98	2,45	0,44	13,38	2,5
		8	10000	0,98	2,45	0,44	12,70	2,32
		9	20000	0,98	2,45	0,44	12,24	2,32
3771	VOLVO B10L	10	10000	0,98	2,45	0,44	13,31	2,65
		11	20000	0,98	2,45	0,44	13,25	2,22
3458	VOLVO B10LA	13	10000	0,78	2,45	0,37	13,02	2,18
		14	20000	0,78	2,45	0,37	12,75	2,65
3836	IKARUS 280/70B	15	500	0,78	2,45	0,37	12,94	2,31
		16	10000	0,78	2,45	0,37	12,14	3,56
		17	20000	0,78	3,09	0,38	11,68	3,15
3421	IKARUS 280/33	18	500	0,62	3,09	0,33	13,30	2,72
		20	20000	0,78	3,92	0,44	12,71	2,51
3860	JELCZ LO90M	21	500	0,98	2,45	0,44	13,43	2,36
		22	10000	0,78	3,92	0,48	13,23	2,79
		23	20000	0,98	3,09	0,46	13,24	2,41
3628	JELCZ M181MB	26	30000	0,62	3,09	0,38	14,52	2,53
3623	JELCZ M181MB	28	500	0,98	2,45	0,43	13,67	2,28
		29	30000	0,78	3,09	0,40	12,78	2,6
3634	JELCZ M181M	30	500	0,78	3,09	0,38	14,44	2,2
		32	30000	0,78	3,92	0,47	14,55	2,18
	Oleje nowe (nieprzepracowane)	Challenger	0	0,98	2,45	0,44	14,39	2,24
		HD-C	0	0,98	2,45	0,43	14,21	2

Tab. 2. Koncentracja produktów zużycia

Nr boczny	Marka i typ autobusu	Lp.	Przebieg od wymiany oleju [km]	Koncentracja zanieczyszczeń w badanych olejach																		
				Cr	Mo	Si	Al	Cu	Na	Sn	B	Fe	Ni	Ti	Ba	Mg	P	V	Cd	Mn	Pb	Zn
2461	VOLVO B10MA	1	500	0,7	2,7	8,5	2,6	2,2	11,2	0	0,8	14,7	1,2	0	7,7	54	52,2	3,3	0,4	0,8	7,7	518
		2	10000	1,1	2,3	12	3	1,7	12,4	0	0,3	20	1,2	0	5,8	51,7	55,6	3,2	0,1	0,8	12,3	412
		3	20000	1,6	2,2	13,1	3,7	2,3	13,3	0	0,8	27,5	1,9	0	5,1	18,9	59	2,9	0,6	1,3	15,1	582
2704	VOLVO B10BLE	4	500	0	1,6	7,5	1,7	0,6	17,5	0	0,7	6	0,4	0	14,4	153,5	50,5	2,7	0,3	0,9	4,6	591
		5	10000	0,1	1,9	7,4	1,5	1,3	15,6	0	0,9	10,3	0,3	0	11,8	154,9	20,3	2,5	0	0,9	8,8	474
		6	20000	0,7	1,7	10,4	1,6	1,2	7,5	0	0,5	19,1	1,2	0	3,8	16,3	59	3,1	0,3	1	11	657
2788	VOLVO B10BLE 6*2	7	500	0,3	1,1	8,8	1	11,9	8,1	0	7,8	9,7	0,7	0	3,3	60,1	62,5	2,8	0,5	1	7,7	628
		8	10000	0,8	2,2	9,6	2,2	20	8,9	0	7,7	17,3	0,8	0	3	67,3	28,7	2,8	0	1,2	15,1	516
		9	20000	1,3	4,2	16,1	2,8	34,9	7,9	0	25,8	26,7	1,5	0	2,4	136,7	71,3	2,8	0,4	1,5	20,6	735
3771	VOLVO B10L	10	10000	0,4	0,2	11,5	2,3	2,1	8	0	8,5	12,8	0,3	0	3,4	51,2	26,3	2,9	0,2	0,9	4,1	564
		11	20000	0,8	2,8	13,2	2,9	1,9	11,1	0	28,2	16,4	1,1	0	3,8	126,6	82,1	2,8	0,3	1,2	4,3	651
		13	10000	2,7	10	27,2	4,8	18,1	32	0	14,5	22,1	2,2	0	3,2	28	30,5	3,4	0,3	1,2	9,8	520
3458	VOLVO B10LA	14	20000	7,9	56,5	109,9	13,5	67,1	145,4	0	28,3	74,8	4,9	0	2,7	54	98,9	2,8	0,4	2,6	30,9	838
		15	500	6,4	4,1	29,8	4,4	41,0	97,2	0	4,7	75,9	1,3	0	29,6	394,1	85,8	2,9	0,9	2,1	107,5	784
		16	10000	10,7	3,1	24,3	7,1	66,9	81,9	0,5	4,2	148,2	1,2	0	21,4	359,5	22,9	2,7	1,1	2,5	187,5	584
3836	IKARUS 280/70B	17	20000	14,1	4,2	27,8	8	79,8	148,1	8,4	9,2	141	2,5	0	12,3	302,7	73	3,3	1,4	3	205	430
		18	500	9,6	2,2	18,5	13,8	8,4	55,7	0	3,4	80,4	0,9	0	16,3	289	67,7	3,1	0,3	1,7	14,6	309
		20	20000	14,6	4,8	29,8	8,7	81,8	158,6	8,9	10,2	153	2,8	0	12,9	322,2	78,2	3,6	1,5	3,5	220	421
3860	JELCZ LO90M	21	500	0,8	0	5,1	2	0,4	7,8	0	0,6	4,5	0,5	0	2,4	26,6	69,5	3,1	0	0,9	2,6	232
		22	10000	3	0	7,6	5,9	2,6	8,4	0	0,3	16,6	0,2	0	3	39,9	27,9	2,9	0,6	0,9	3,9	505
		23	20000	4,3	1,1	12,8	7,8	2,2	9,1	0	1,2	20,4	1,3	0	4,9	15	73	3,3	0,3	1,4	4,7	317
3628	JELCZ M181MB	26	30000	46,3	15,5	341,5	101,9	132	74,9	21,1	4,5	129,3	29,2	1,2	3,4	39,1	80,3	4,2	1,3	20	193,6	379
		28	500	0,2	0	6,9	1,4	1,8	9	0	0,8	9,4	0	0	2,3	23,2	20,2	2,1	0,1	1,4	3,2	551
		29	30000	3,8	2,7	23,8	8,4	10,1	17,4	0	2,5	46,9	2,2	0	4,2	25,8	18,9	3,2	0,6	1,9	9,2	598
3634	JELCZ M181M	30	500	1,6	0,1	6,9	3,2	1,9	8,3	0	1,4	15,5	0,6	0	3,9	26,3	31,1	3	0,7	0,7	4,3	461
		32	30000	9,5	0,8	19,6	11,9	6,8	12,9	0	0,7	73,4	2,3	0	3,4	31,1	27,9	4,4	0,3	1,5	12,3	402
		Chall.	0	0	6,9	1	0,2	5,4	0	0,8	1,8	0,4	0	0	2,8	25,8	29,6	2,6	0,4	0,7	3,2	430
	Oleje świeże	H-DC	0	0,1	12,2	1,5	0,3	40,6	0	1,2	4,1	0,6	0	28,1	354,2	26,7	2,8	0	0,8	2,9	403	

Tab. 3. Roczne koszty wymian oleju silnikowego w systemie transportu miejskiego eksploatowanym wg dotychczasowej strategii

Lp	Marka, typ autobusu	Ilość	Szacunkowa ilość km przejeżdżanych rocznie	Rodzaje olejów	Cena litra oleju	Ilość litrów wymianianego oleju	Przebieg między wymianami	Szacunkowa ilość wymian oleju	Roczny koszt zakupu oleju dla typu autobusu	Roczny koszt zakupu oleju dla wszystkich autobusów danego typu
1	IKARUS 260	9	80 000	Veco HD-C IL 15W/40	17,00 PLN	22	20 000	4	1 496,00 PLN	13 464,00 PLN
2	IKARUS 280	56	80 000	Veco HD-C IL 15W/40	17,00 PLN	22	20 000	4	1 496,00 PLN	83 776,00 PLN
3	IKARUS 280/70	32	80 000	Veco HD-C IL 15W/40	17,00 PLN	22	20 000	4	1 496,00 PLN	47 872,00 PLN
4	JELCZ LO90M	5	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	17	10 000	8	3 536,00 PLN	17 680,00 PLN
5	JELCZ M121MB	1	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	28	30 000	2	1 456,00 PLN	1 456,00 PLN
6	JELCZ M181MB	7	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	28	20 000	4	2 912,00 PLN	20 384,00 PLN
7	JELCZ M181M/I	8	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	22	20 000	4	2 288,00 PLN	18 304,00 PLN
8	MAN NG 313	5	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	33	20 000	4	3 432,00 PLN	17 160,00 PLN
9	MAN NL 223	7	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	22	20 000	4	2 288,00 PLN	16 016,00 PLN
10	VOLVO B10BLE	20	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	20 000	4	5 200,00 PLN	104 000,00 PLN
11	VOLVO B10BLE 6X2	26	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	20 000	4	5 200,00 PLN	135 200,00 PLN
12	VOLVO B10L	7	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	20 000	4	5 200,00 PLN	36 400,00 PLN
13	VOLVO B10MA	15	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	20 000	4	5 200,00 PLN	78 000,00 PLN
14	VOLVO B10LA	15	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	20 000	4	5 200,00 PLN	78 000,00 PLN
									SUMA	667 712,00 PLN

Tab. 4. Roczne koszty wymian oleju silnikowego w pierwszym roku jego eksploatacji wg zaproponowanej strategii

Lp	Marka, typ autobusu	Ilość	Szacunkowa ilość km przejeżdżanych rocznie	Rodzaje olejów	Cena litra oleju	Ilość litrów wymianianego oleju	Przebieg między wymianami	Szacunkowa ilość wymian oleju	Roczny koszt zakupu oleju dla typu autobusu	Roczny koszt zakupu oleju dla wszystkich autobusów danego typu
1	IKARUS 260	9	80 000	Veco HD-C IL 15W/40	17,00 PLN	22	30 000	2	748,00 PLN	6 732,00 PLN
2	IKARUS 280	56	80 000	Veco HD-C IL 15W/40	17,00 PLN	22	30 000	2	748,00 PLN	41 888,00 PLN
3	IKARUS 280/70	32	80 000	Veco HD-C IL 15W/40	17,00 PLN	22	30 000	2	748,00 PLN	23 936,00 PLN
4	JELCZ LO90M	5	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	17	30 000	2	884,00 PLN	4 420,00 PLN
5	JELCZ M121MB	1	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	28	30 000	2	1 456,00 PLN	1 456,00 PLN
6	JELCZ M181MB	7	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	28	30 000	2	1 456,00 PLN	10 192,00 PLN
7	JELCZ M181M/I	8	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	22	30 000	2	1 144,00 PLN	9 152,00 PLN
8	MAN NG 313	5	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	33	20 000	4	3 432,00 PLN	17 160,00 PLN
9	MAN NL 223	7	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	22	20 000	4	2 288,00 PLN	16 016,00 PLN
10	VOLVO B10BLE	20	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	30 000	2	2 600,00 PLN	52 000,00 PLN
11	VOLVO B10BLE 6X2	26	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	30 000	2	2 600,00 PLN	67 600,00 PLN
12	VOLVO B10L	7	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	30 000	2	2 600,00 PLN	18 200,00 PLN
13	VOLVO B10MA	15	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	30 000	2	2 600,00 PLN	39 000,00 PLN
14	VOLVO B10LA	15	80 000	Veco Challenger SHPD	26,00 PLN	50	30 000	2	2 600,00 PLN	39 000,00 PLN
									SUMA	346 752,00 PLN

Tab. 5. Zestawienie zmniejszenia kosztów po wydłużeniu przebiegu autobusów

Lp	Marka, typ autobusów	Roczny koszt zakupu oleju wynikający z zastosowania dotychczasowej strategii	Roczny koszt zakupu oleju wynikający z zastosowania zaproponowanej strategii	Różnica	Wskaźnik zmniejszenia kosztów
	1	2	3	4	5
1	IKARUS 260	13 464 PLN	6 732 PLN	6 732,00 PLN	2
2	IKARUS 280	83 776 PLN	41 888 PLN	41 888,00 PLN	2
3	IKARUS 280/70	47 872 PLN	23 936 PLN	23 936,00 PLN	2
4	JELCZ LO90M	17 680 PLN	4 420 PLN	13 260,00 PLN	4
5	JELCZ M121MB	1 456 PLN	1 456 PLN	0,00 PLN	1
6	JELCZ M181MB	20 384 PLN	10 192 PLN	10 192,00 PLN	2
7	JELCZ M181M/1	18 304 PLN	9 152 PLN	9 152,00 PLN	2
8	MAN NG 313	17 160 PLN	17 160 PLN	0,00 PLN	1
9	MAN NL 223	16 016 PLN	16 016 PLN	0,00 PLN	1
10	VOLVO B10BLE	104 000 PLN	52 000 PLN	52 000,00 PLN	2
11	VOLVO B10BLE 6X2	135 200 PLN	67 600 PLN	67 600,00 PLN	2
12	VOLVO B10L	36 400 PLN	18 200 PLN	18 200,00 PLN	2
13	VOLVO B10MA	78 000 PLN	39 000 PLN	39 000,00 PLN	2
14	VOLVO B10LA	78 000 PLN	39 000 PLN	39 000,00 PLN	2
	ŁĄCZNIE	667 712 PLN	346 752 PLN	320 960,00 PLN	1,9



Mgr inż. **Adam Budzyński** jest asystentem w Katedrze Eksploatacji Maszyn Wydziału Mechanicznego Akademii Techniczno – Rolniczej w Bydgoszczy. W pracy naukowej zajmuje się badaniami eksploatacyjnymi systemów transportowych, komputerowym wspomaganie projektowania i konstruowania (CAD) oraz trójwymiarowym modelowaniem numerycznym złożonych układów technicznych. Prowadzi badania dotyczące cyfrowej analizy drgań Shimmy podwozi lotniczych z zastosowaniem komputerowej Metody Elementów Skończonych (MES).

Informacje o autorach: **Macieju Woropayu** i **Klaudiuszu Migawie** zostały umieszczone na stronie 36.