

Władysław Reducha

Niektóre aspekty gospodarki paliwowej w eksploatacji lokomotyw spalinowych

Ceny paliw płynnych na rynkach światowych, a tym samym i w Polsce od dłuższego okresu czasu wykazują zdecydowaną tendencję wzrostową i nic nie wskazuje na to, aby w najbliższej perspektywie te trendy w ruchach cen uległy odwróceniu lub chociażby dłuższej stabilizacji. Dodatkowo, rosnąca wraz z doskonaleniem konstrukcji popularność silników z zapłonem samoczynnym powoduje szybszy wzrost popytu na olej napędowy w stosunku do benzyny, co przy określonych proporcjach oleju napędowego i benzyny optymalnych do uzyskania z danej ilości wydobytej ropy naftowej skutkuje nadprodukcją benzyny a tym samym, zgodnie z regułami rynku, coraz większym zbliżaniem ceny oleju napędowego do droższej benzyny.

Zużycie oleju napędowego w Polsce w 2004 r. osiągnęło 6431 tys. t przy 4229 tys. t benzyny [1].

W kolejnictwie, w trakcji spalinowej, stosowany jest zasadniczo lekki olej napędowy. Na podstawie internetowych ogłoszeń o przetargach [2] roczne zużycie oleju napędowego w grupie PKP można oszacować na ok. 120–140 tys. t, co w cenach z 2004 r. generuje znaczące koszty rzędu 400 mln zł. Należy przy tym podkreślić dominujący udział kosztów paliwa w całkowitych kosztach obecnie eksploatowanych lokomotyw spalinowych. Przykładowe relacje poszczególnych składników tych kosztów przedstawiono na rysunku 1.

Przedstawione uwarunkowania powodują z jednej strony różnorodne działania podmiotów eksploatujących lokomotywy zmierzające do zmniejszenia kosztów paliwa a z drugiej strony skala operacji finansowych związanych z handlem paliwem przyciąga różnej maści fałszerzy i oszustów z czego odbiorcy paliw nie zawsze zdają sobie sprawę. Typową reakcją na wysokie ceny paliw szczególnie w społeczeństwach biedniejszych jest ucieczka w szarą strefę w poszukiwaniu tańszego produktu, co często okazuje się złudne z powodu na ogół zwiększonego zużycia „tańszego paliwa” i niebezpieczeństwa kosztownej awarii silnika.

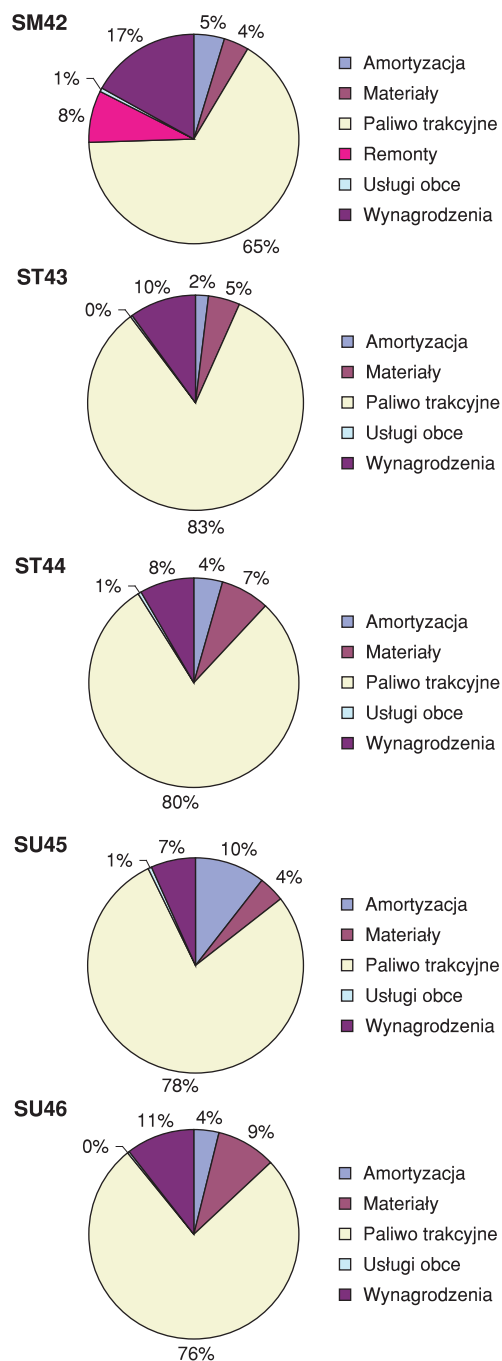
W artykule podjęto próbę przedstawienia obydwu kompleksów zagadnień z szerszym potraktowaniem problemów jakości paliw.

Możliwości zmniejszenia kosztów paliwa w eksploatacji lokomotyw spalinowych

Główne metody zmniejszenia kosztów paliwa to:

- wymiana lub modernizacja przestarzałych – o dużym jednostkowym zużyciu paliwa – silników, z opcjonalnym przystosowaniem ich do zasilania gazem ziemnym lub biopaliwem;
- przestrzeganie reżimów naprawczych w zakładach naprawczych i w zakładach taboru; wykorzystywanie w pracach przeglądowo-naprawczych stanowisk diagnostycznych na bazie oporników wodnych do diagnostyki i regulacji silników;

- zakupy i stosowanie wysokiej jakości paliwa w miarę możliwości o parametrach zalecanych przez producenta silnika, co zmniejsza jednostkowe zużycie paliwa oraz zmniejsza awaryjność precyzyjnej aparatury paliwowej i samego silnika;
- prowadzenie ciągłego monitoringu jakości paliwa, nadżne śledzenie zmian technologicznych i metod fałszowania; reagowanie na wszelkie sygnały nieprawidłowej pracy silnika;



Rys. 1. Koszty eksploatacji lokomotyw spalinowych

- analiza uwarunkowań formalno-prawnych mających wpływ na cenę kupowanego paliwa jak, np. możliwość zwolnienia z akcyzy (ok. 35% ceny) i opłaty paliwowej (ok. 3% ceny);
- właściwe dla danego typu lokomotywy „brutto” pociągu oraz energooszczędny sposób prowadzenia pociągu przez maszynistę; płynna organizacja ruchu bez zatrzymań i ograniczeń prędkości;
- ograniczenie czasu pracy silnika na biegu jałowym przy wykonywaniu prac manewrowych;
- „uszczelnienie” systemu dystrybucji i rozliczania paliwa: prawidłowe rozliczanie dostaw do magazynu, bezobsługowe pobieranie paliwa na lokomotywy, systemy rejestrujące zużycie paliwa na lokomotywie z opcją informowania właściciela w czasie rzeczywistym o nieuprawnionej ingerencji w układzie paliwowym; wprowadzenie barwienia paliwa przeznaczonego na cele trakcyjne.

Olej napędowy – wymagania jakościowe

Podstawowe dokumenty obowiązujące w tym zakresie w Polsce:

- norma PN-EN 590:2002 *Paliwa do pojazdów samochodowych. Oleje napędowe. Wymagania i metody badań*; w normie poda-

no wymagania i metody badań dotyczące oleju napędowego będącego przedmiotem obrotu;

- rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 16 sierpnia 2004 r. w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych (Dz.U. 2004.192.1969)

ON – interpretacja niektórych parametrów fizyko-chemicznych

Olej napędowy powinien mieć właściwości:

- 1) odpowiadające za prawidłowe i ekonomiczne spalanie: liczba cetanowa, gęstość, lepkość, skład frakcyjny;
- 2) o charakterze ekologicznym: zawartość siarki, zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych;
- 3) odpowiadające za bezpieczeństwo: temperatura zapłonu;
- 4) niskotemperaturowe: temperatura zablokowania zimnego filtra, temperatura mętnienia.

Liczba cetanowa

Liczba cetanowa (indeks cetanowy LC) jest wskaźnikiem zdolności oleju napędowego do samozapłonu i zależy od składu chemicznego, tj. zawartości węglowodorów: parafinowych (LC w granicach 70–110), izoparafinowych i naftenowych (LC w granicach 20–70) i aromatycznych (LC w granicach 0–60).

- Liczba cetanowa ma wpływ na czas opóźnienia samozapłonu paliwa i przebieg jego spalania w silniku, a w konsekwencji także na osiągi, skład spalin i głośność silnika.

- Zwiększenie LC z 50 do 58 powoduje znaczne (nawet do 30%) zmniejszenie emisji CO i HC oraz kilkuprocentowe zmniejszenie zawartości NO_x w spalinach, nie wpływa natomiast zasadniczo na poziom emisji PM.

- Paliwa o niższej liczbie cetanowej zmniejszają ekonomikę jazdy, natomiast zwiększenie liczby cetanowej powyżej 50 jednostek poprawia własności eksploatacyjne paliwa: ułatwia rozruch zimnego silnika (aż o 40% ulega zmniejszeniu czas niezbędny do uzyskania przez silnik właściwej temperatury pracy), zmniejsza zużycie paliwa, zanieczyszczenie dysz wtryskiwaczy.

- Nadmierne skrócenie okresu opóźnienia zapłonu (zastosowanie paliwa o bardzo wysokiej LC) może być również niekorzystne: proces spalania rozpoczyna się wtedy tuż po podaniu paliwa i większa jego część jest wtryskiwana nie do powietrza, ale do produktów spalania; spalanie staje się niecałkowite, ekonomiczność pracy silnika się zmniejsza, a emisja substancji toksycznych się zwiększa.

Lepkość

Od napięcia powierzchniowego (charakteryzowanego przez lepkość paliwa) zależy efektywność rozpylenia oleju napędowego, czyli przebieg jego spalania. Jeśli napięcie jest zbyt duże, to przy rozpylaniu tworzą się krople o dużych rozmiarach, parowanie przebiega wolno, a spalanie jest niecałkowite – przy zbyt małym tworzą się drobne kropelki, które w gęstym powietrzu szybko ulegają odparowaniu; występuje lokalny nadmiar paliwa i niecałkowite spalanie w tej części komory, która jest blisko wtryskiwacza

Skład frakcyjny

- temperatura początku destylacji ma wpływ na łatwość rozruchu silnika;
- wartość temperatury T50 koreluje z gęstością i lepkością paliwa;

Tablica 1

Parametry oleju napędowego zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z 16 sierpnia 2004 r.

	Zgodnie z					
	rozporządzeniem				normą PN-EN 590:2002	
	do 31.12.2004		od 01.01.2005		min.	maks.
min.	maks.	min.	maks.			
Liczba cetanowa	51,0	–	51,0	–	51,0	
Gęstość w [temperaturze] 15°C [kg/m ³]	–	845	–	845	820	845
Skład frakcyjny: 95% (v/v) destyluje do temperatury [°C]	–	360	–	360	–	360
Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych [%] (m/m)	–	11	–	11	–	11
Zawartość siarki [mg/kg]	350	–	–	50	–	350
				10*		

* Wyłączony od 01.01.2009 r.

Tablica 2

Parametry ujęte w normie PN-EN 590:2002, nie wymienione w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy

Indeks cetanowy		min. 46,0
Pozostałość po koksowaniu [%] (m/m)		maks. 0,30
Zawartość wody [mg/kg]		maks. 200
Odporność na utlenianie [g/m ³]		maks. 25
Badanie działania korodującego na miedz (3 h, 50°C) [klasa]		1
Skład frakcyjny:		
– do 250°C destyluje [%] (v/v)		<65
– do 350°C destyluje [%] (v/v)		min. 85
Temperatura zapłonu [°C]		>55
Pozostałość po spopieleniu [%] (m/m)		maks. 0,01
Zawartość zanieczyszczeń [mg/kg]		maks. 24
Lepkość w temperaturze 40 °C [mm ² /s]		2,00–4,50
Smarność, skorygowana średnica śladu zużycia (temp. 60°C) [mm]		maks. 460
Maksymalna temperatura zablokowania zimnego filtra (CFPP) [°C]		0 (olej letni)
		–10 (olej przejściowy)
		–20 (olej zimowy)

- największy wpływ na skład spalin silnika ma ilość ciężkich frakcji określona przez T90, T95 oraz temperaturę końca destylacji; trudniej palne ciężkie frakcje są w dużej mierze odpowiedzialne za obecność w spalinach produktów niepełnego spalania (w wyniku utworzenia niejednorodnej mieszanki palnej) – CO, HC i przede wszystkim sadzy.

Gęstość (w temperaturze 15°C)

Przy większej gęstości oleju napędowego zwiększa się masowa ilość paliwa wprowadzonego do cylindra silnika, a tym samym – ilość energii chemicznej, czyli moc silnika; ale zwiększanie gęstości pociąga za sobą zwiększenie zawartości frakcji cięższych w spalonym paliwie, trudniejszych do całkowitego spalania, a tym samym prowadzących do tworzenia osadów w komorze spalania oraz do zwiększania emisji substancji toksycznych (zwłaszcza CO, PM).

Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych

- W prosty sposób „przekłada się” na ich poziom w spalinach odprowadzanych z silników ZS (silne własności toksyczne i kancerogenne!);
- Wpływają na tworzenie się nagarów w komorze spalania (jako produktów ich niepełnego spalania);
- Ich niezbyt wysoka liczba cetanowa (ok. 20 jednostek) pogarsza ekonomikę spalania paliwa zawierającego te składniki.

Zawartość siarki

- Wprost „przekłada się” na poziom SO₂ w spalinach odprowadzanych z silników ZS.
- Powstające SO₂, SO₃, H₂SO₄ i siarczany, z uwagi na ich silne właściwości korodujące oraz przyspieszenie zużycia elementów silnika, wpływają na ogólną żywotność silnika.
- Ma duży wpływ na poziom emisji cząstek stałych (SO₂, zwłaszcza w utleniających reaktorach katalitycznych, zostaje przekształcony w siarczany, które następnie, osiadając na cząstkach stałych emitowanych przez silniki ZS, zwiększają ich masę).
- Negatywnie oddziałuje na układy oczyszczania spalin (reaktory katalityczne, filtry cząstek stałych, układy selektywnej redukcji NO_x); ze zwiększeniem zawartości siarki wykazują one zmniejszenie sprawności konwersji, zwiększenie temperatury niezbędnej do podjęcia oczyszczania spalin oraz wyraźne zmniejszenie trwałości.
- W miarę zmniejszania zawartości siarki zwiększa się ryzyko złego smarowania silnika (stwierdzono, że już poniżej zawartości 100 ppm siarki w paliwie zaczynają się pojawiać problemy związane ze zużyciem elementów układu zasilania silnika w wyniku niedostatecznego ich smarowania); oleje napędowe o małej zawartości siarki muszą zawierać odpowiednio efektywne dodatki smarne.

Temperatura zapłonu

Według PN-EN 590:2002 jest to najniższa temperatura (skorygowana do ciśnienia normalnego), w której w kontakcie ze źródłem ognia zapalają się pary badanej substancji, temperatura zapłonu powyżej 55°C (tygiel zamknięty).

Wprowadzenie do obrotu oleju napędowego o obniżonej temperaturze zapłonu naraża użytkownika na wyraźnie zwiększone za-

grożenie pożarowe i wybuchowe w czasie jego transportu, przechowywania, dystrybucji i stosowania.

Oleje napędowe zawierają stosunkowo dużą ilość (dochodzącą do 20%) węglowodorów parafinowych. Węglowodory te charakteryzują się relatywnie wysoką temperaturą krzepnięcia, co przejawia się wytrącaniem wosków „mętnienie paliwa) podczas obniżania temperatury paliwa

Temperatura zablokowania zimnego filtra (t_{CFPP})

Jest to najwyższa temperatura, w której określona objętość paliwa, chłodzona w znormalizowanych warunkach nie przepływa w określonym czasie przez znormalizowany układ filtracyjny; występuje w normie PN-EN 590:2002 w wymaganiach dla klimatu arktycznego i umiarkowanego.

Temperatura zablokowania zimnego filtra jest parametrem bezpośrednio powiązaniem z eksploatacją pojazdu; temperatura CFPP może być regulowana przez producentów nie tylko poprzez odpowiedni skład węglowodorowy oleju napędowego, ale także przez stosowanie dodatków tzw. depresatorów.

Temperatura mętnienia (t_m)

Jest to temperatura, w której, podczas oziębiania badanego oleju w znormalizowanych warunkach, pojawia się zmętnienie spowodowane wydzieleniem pierwszych kryształków parafin; występuje w normie PN-EN 590:2002 w wymaganiach dla klimatu arktycznego.

W niskich temperaturach pogarsza się płynność oleju napędowego, a w miarę dalszego obniżania temperatury – traci on płynność i nie może być doprowadzony do układu zasilania silnika (na skutek osadzania się kryształków parafin w przewodach paliwowych, zatkania filtru paliwa, dysz wtryskiwaczy, itd.).

Temperatura mętnienia lepiej charakteryzuje zachowanie się oleju napędowego podczas jego przechowywania (w zbiornikach baz magazynowych oraz w zbiorniku paliwa w pojeździe podczas jego dłuższego postoju)

Fałszerstwa oleju napędowego, najczęściej spotykane metody i sposoby wykrywania fałszowanego paliwa

Pierwsze ujawnione na początku lat 90. fałszerskie metody polegały na sprowadzaniu oleju napędowego deklarowanego na granicy jako tańszy olej opałowy, na tym procederze wzbogacały się grupy przestępcze i skorumpowani celnicy a tracili budżet państwa, na szczęście na tym etapie nie miało to wpływu na zwiększenie awaryjności silników. Po zaostrzeniu przepisów celnych proceder przestał być opłacalny, ale rozzuchwalone grupy przestępcze zastosowały inny sposób „opracowany” najprawdopodobniej na Węgrzech.

Mafia wymyśliła „uszlachetnianie” nielegalnie sprowadzonego oleju opałowego, korzystając z urządzeń upadających spółdzielni rolniczych. Olej „uszlachetniano” mieszając go w ogromnych kadziach z kwasem siarkowym. Następnie sprzedawano jako paliwo silnikowe zbijając krocie na różnicy cen. „Oszustwo było tak doskonałe, że najlepsze laboratoria nie mogły stwierdzić fałszerstwa. Nasze paliwo kupował nawet Shell” – chwalił się No-gradi – główny bohater afery.

W polskich warunkach do „przerabiania” oleju opałowego na napędowy w wielu przypadkach wykorzystano dzierżawione bazy wojskowe w tym bazy portów wojennych (możliwość dostawy tankowcami). O skali problemu świadczą m.in. doniesienia pra-

sowe z prac komisji sejmowej, śledztw prokuratorskich czy dziennikarskich. Do wytrącania z oleju opałowego specjalnego czerwonego barwnika Solvent Red 164 i znacznika Solvent Yellow 124 używano kwasu siarkowego a po odbarwieniu, w celu zneutralizowania kwasu dodawano związek o odczynie zasadowym (np. wapna, kredy). Używano również toluenu i węgla wapnia.

Najgorsze co może spotkać silnik diesla to odbarwiony olej opałowy, czego dowodzi test polegający na wrzuceniu do takiego oleju metalowego bolca i dolaniu małej ilości wody. Już po godzinie możemy zaobserwować korodowanie metalu i to w takim stopniu, że korozji tej nie da się usunąć. Co się dzieje w całym układzie paliwowym od zbiornika po pompę paliwową i skomplikowane końcówki wtryskiwaczy po zastosowaniu odbarwionego paliwa nietrudno sobie wyobrazić. Szczególnie jest to groźne dla najnowocześniejszych silników z bezpośrednim wtryskiem.

Należy zaznaczyć, że standardowo wyposażone laboratoria zakładowe odbiorcy na ogół nie wykrywały fątszerstwa. Natomiast skutki stosowania takiego paliwa w silnikach lokomotyw okazały się fatalne: filtry paliwowe (fot. 1), oblepione mazią podobną do wytrącającej w okresie silnych mrozów parafiny, ulegały zablokowaniu co albo bezpośrednio powodowało zmniejszenie mocy czy zatrzymanie silnika, bądź w rozwiązaniach z bajpasem – brudne paliwo omijało zatkany filtr i trafiając do pomp wtryskowych



Fot. 1. Filtry

oraz wtryskiwaczy powodowało ich uszkodzenie; można podejrzewać, że również zatarcia panewek w układach tłokowo-korbowych były wynikiem przedostawania się poprzez „lejące” wtryskiwacze skażonego kwasem paliwa do oleju silnikowego.

Do wykrycia znacznika wykonuje się tzw. próbę kwasową – do próbki paliwa dodaje się 18% roztwór wodny kwasu solnego, wytrząsa i pozostawia na 10 min. Oddzielenie się warstwy o zabarwieniu od różowego do czerwonego wskazuje na prawdopodobną obecność znacznika. Ponownie pobrana próbka powinna być zbadana w akredytowanym laboratorium. Przy podejrzeniu usunięcia znacznika poprzez zastosowanie kwasu siarkowego wykonuje się następującą próbę – do próbki paliwa dodaje się wody destylowanej (w ilości ok. 20% objętości), wytrząsa i pozostawia do oddzielenia warstw. Stwierdzenie kwaśnego odczynu warstwy wodnej wskazuje na prawdopodobne usuwanie znacznika i odbarwianie za pomocą kwasu.

Okazuje się, że bezpośrednie stosowanie w silnikach oleju opałowego jest mniej groźne od odbarwionego – powszechnie wiadomo, że na barwionym oleju opałowym jeździ w Polsce prawdopodobnie większość rolniczych ciągników i wielu kierowców, zwłaszcza właścicieli przechodzonych aut, wlewało go do swoich zbiorników. Zdaniem wielu ekspertów od paliw, starszym modelom silników napędzanych kolorowym olejem opałowym niewiele złego mogło się przydarzyć. Lekki olej opałowy to produkt nie spełniający głównie norm ekologicznych, zawierający zazwyczaj znacznie więcej siarki. Rafinerie przeznaczają na olej opałowy różniące się nieco od ideału gorsze frakcje. Nie kontroluje się w nich tzw. liczby cetanowej, ale niektóre cechy, np. smarność – z uwagi na wspomnianą zwiększoną obecność siarki – bywają nie gorsze od tych z unijną normą. Jednak jego jakość bywa różna, jest on cięższy od silnikowego i tak do końca nie wiadomo, jaka niespodzianka w nim nas czeka. Jest po prostu przygotowany do spalania w kotle centralnego ogrzewania, a nie do napędzania skomplikowanego silnika.

Inne sposoby polegają na rozcieńczaniu droższego oleju napędowego tańszym olejem opałowym lub sprzedawanym przez rafinerie nie objętymi akcyzą zasiarczonymi komponentami do paliw. Takie paliwo jest szkodliwe szczególnie dla pompy paliwowej, która ulega szybszemu zużyciu. Zdarza się również, że do ciężkich frakcji otrzymywanych z rafinacji ropy naftowej lub ciężkich produktów naftowych (np. nieodsarczony komponent oleju napędowego, niebarwione oleje napędowe destylujące do 50% do 350°C) dodawane są nieaktywne frakcje lekkie (np. rozpuszczalniki, średnia lub ciężka benzyna) dając paliwo „tak samo dobre, jak olej napędowy”. Powoduje to następujące zagrożenia:

- zbyt duża zawartość ciężkich, trudno spalających się frakcji;
- nieekonomiczne, niecałkowite spalanie;
- złe własności niskotemperaturowe;
- zawyżona zawartość siarki;
- zwiększone zagrożenie z uwagi na obniżoną temperaturę zapłonu.

Metodą wykrywania oszustwa jest analiza chemiczna pobranej próbki w akredytowanym laboratorium, gdzie jest badana:

- gęstość w temperaturze 15°C,
- skład frakcyjny (pełna krzywa destylacji),
- temperatura zapłonu,

- zawartość siarki,
- lepkość w temperaturze 40°C,
- własności niskotemperaturowe (temperatura mętnienia i blokowania zimnego filtra).

Przy coraz aktywniejszych działaniach kontrolnych PIH, powstało nowe zjawisko fałszowania mobilnego. Polega on na tym, że jest jedna cysterna z dobrym paliwem i certyfikatem oraz druga, której zawartość należy wymieszać z dobrym paliwem, by można było taniej sprzedać. W odpowiednim momencie wystarczy wymienić dokumenty i fakturę.

Jak ustrzec się stosowania paliw złej jakości

Najważniejsze metody zabezpieczeń to:

- odpowiednia dbałość o stan techniczny zbiorników, kontrola ilości wody w zbiornikach, odwadnianie zbiorników;
- staranne wybranie dostawcy hurtowego paliw – powinien on być sprawdzony, rzetelny, posiadać aktualną koncesję na handel hurtowy, jego źródło zaopatrywania się w paliwo powinno być znane (rafinerie w trosce o wiarygodność marki niczego, co niezgodne z normą nie wypuszczają);
- kontrakt na dostawy paliwa powinien uwzględniać wymagania jakościowe paliwa według aktualnej normy PN-EN 590;
- wymagać od dostawcy hurtowego, aby przedstawiał każdorazowo atesty na dostarczane paliwo, jeśli jest on zaopatrywany wyłącznie przez jednego wytwórcę paliwa mogą to być aktualne atesty wytwórcy; jeśli dostawca zaopatruje się u różnych wytwórców lub pośredników powinien dysponować atestami na paliwo, jakie powstało w zbiorniku po zmieszaniu różnych dostaw; szczególną uwagę należy zwracać na aktualność i wiarygodność atestu; do atestu można wymagać widma IR, które stanowiłoby swego rodzaju wzorzec – widmo wykonane dla kontrpróbki pobranej z cysterny może być porównane z wzorcem, jeżeli widma się pokrywają, to z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że paliwo nie zostało zmieszane z innymi składnikami;
- unikać dostawców hurtowych oferujących bardzo tanie paliwa;
- pobierać z każdej cysterny kontrolną próbkę, jako ewentualny dowód, że dostarczone paliwo było złej jakości;
- sprawdzać metodą polową obecność znacznika SY 124 – upewnienie się, że dostarczony olej napędowy nie został zmieszany z lekkim olejem opałowym.

Procedury weryfikacji jakości dostawy oleju napędowego [3]

Zalecane procedury weryfikacji jakości oleju to:

- pobranie odpowiednich i odpowiedniej liczby próbek paliwa: badawczej i kontrolnej;
- właściwe opakowanie i zabezpieczenie próbek;
- sporządzenie protokołu pobrania próbek (protokół powinien zawierać następujące informacje: miejsce i sposób poboru próbek, identyfikacja pobierającego próby, deklarowany towar, ilość i wielkość pobranych prób, sposób zabezpieczenia prób);
- analiza w akredytowanym laboratorium badawczym (rys. 2) (analiza może być wykonana w zakresie skróconym dostosowanym do spodziewanego rodzaju zanieczyszczenia lub pełnym, zgodnym z wymaganiami normy);

Zapewnienie paliwa o określonej przez producenta silnika jakości zapewni optymalne zużycie paliwa w eksploatacji i zminimalizuje zużycie i awaryjność silnika.



Rys 2. Laboratoria akredytowane do badań paliwa

Dodatki uszlachetniające

Paliwo i jego parametry jest jednym z wyjściowych założeń podczas konstruowania silnika, a wszelkie zmiany w jakości paliwa powinny być w zasadzie uzgodnione z producentem silnika, gdyż mogą powodować pogorszenia ekonomiki jego pracy, a w skrajnych przypadkach powodować przedwczesne zużycie, bądź uszkodzenia.

Są trzy możliwości prawidłowego aplikowania dodatków uszlachetniających do paliw: u producentów, na bazach i bezpośrednio na stacjach paliw. Jeśli chodzi o producentów, to robi to większość znanych firm, chociaż nie ma takiego obowiązku. Jest to jednak zgodne ze Światową Kartą Paliw – w takim przypadku klient kupujący uszlachetnione paliwo ma gwarancję optymalnego skomponowania produktu, ponieważ to producent dodaje je do własnych paliw. Przykładowo, zakupiony depresator będzie dobrze działał w połączeniu z paliwem jednego producenta, a dodanie go paliwa innej marki może wywołać całkowicie nieprzewidywalne skutki. Również sprzedawane na stacjach detergenty mogą poprawić parametry paliw, ale równie dobrze mogą je zmienić na niekorzyść.

O ile koncerny stosują takie pakiety, które współdziałają z dodatkami konkurencyjnych firm, o tyle użytkownik kupujący dodatk na stacji paliw nie ma pewności co do jego reakcji z paliwem, które ma w baku. Bardzo łatwo można przedobrzyć i zamiast polepszyć, zaszkodzić silnikowi.

Większość obecnych na polskim rynku koncernów sprzedaje paliwa uszlachetnione już na etapie produkcji pakietami poprawiającymi ich właściwości i nie ma potrzeby stosowania różnego rodzaju magnetyzerów czy cudownych ulepszaczy, gdyż na ogół poprawiając jeden parametr, pogarsza się inne.

Rafineria Gdańska była pierwszą firmą na naszym krajowym rynku, która zdecydowała o uszlachetnianiu benzyn i olejów napędowych w całości. Początek stosowania dodatków uszlachetniających obejmuje połowę lat 90. Decyzja o stosowaniu dodatków obejmowała stosowanie pakietu dodatków wielofunkcyjnych. Zawiera on dodatki spełniające funkcje detergentowe, deemułgu-

jące, antykorozyjne, a w przypadku olejów napędowych dodatkowo pakiet spełnia funkcje przeciwpienne. Pakiety przez wiele lat stosowania były modyfikowane zgodnie z ich rozwojem technologicznym. Podstawą do stosowania poszczególnych pakietów dodatków były testy silnikowe przeprowadzane w laboratoriach w kraju i za granicą.

Paliwa alternatywne

Pierwsze zarejestrowane próby wykorzystania biopaliwa dotyczą patentu samego R. Diesela. Prezentował on silnik pracujący na oleju arachidowym. W czasie II wojny światowej Polska po raz pierwszy na świecie wprowadziła do czotgów typu 7TP silniki o zapłonie samoczynnym, a braki paliwa uzupełniła olejem rzepakowym i alkoholem. Podobnie postępowały także inne armie, np. armia francuska w Afryce stosowała olej palmowy. Po II wojnie światowej – z uwagi na małe koszty wydobycia, ceny sprzedaży ropy naftowej i zgromadzone zapasy strategiczne paliw – praktycznie problem paliw alternatywnych nie istniał aż do pierwszego kryzysu paliwowego w latach 70. Wtedy odżyła koncepcja wykorzystania rzepaku, jako surowca do produkcji paliwa rzepakowego – estru metylowego oleju rzepakowego.

Obecnie w wielu krajach świata wprowadza się biopaliwa z powodu strategicznej niezależności paliwowej, popartej rozwiązaniem zagadnień ekonomicznych, ochrony środowiska oraz zjawisk społecznych. Zalety biopaliw, takich jak alkohole otrzymywane z wielu różnych roślin służących do ich produkcji, np. trzcina cukrowa, kukurydza, ziemniaki, zboża, estry metylowe lub etylowe wyższych kwasów tłuszczowych olejów otrzymywanych z roślin oleistych, takich jak m.in. rzepak i soja, przekonują o celowości zastosowania ich w postaci mieszanek z paliwami węglowodorowymi lub w prawie czystej postaci jako nowe paliwa – biopaliwa.

Biokomponenty – ester (estry metylowe lub etylowe wyższych kwasów tłuszczowych, FAME – *Fatty acid methyl ester*).

Paliwa ciekłe – samochodowe oleje napędowe, zawierające do 5% estrów, spełniające wymagania określone dla paliw ciekłych.

Biopaliwa ciekłe – estry stanowiące samoistne paliwa silnikowe, oleje napędowe zawierające powyżej 5% biokomponentów, spełniające wymagania określone dla paliw ciekłych.

Rosnące zainteresowanie paliwem alternatywnym wynika nie tylko z kurczenia się zasobów ropy, ale również z wymagań ekologicznych, które w 2008 r. będą trudne do spełnienia przy tradycyjnym paliwie węglowodorowym. Każde paliwo w przyszłości musi być więc oceniane pod kątem między innymi, wpływu na środowisko, odnawialności, wartości energetycznej, ceny oraz skutków społecznych. Takie kryteria dają dużą szansę na upowszechnienie biodiesla a zwłaszcza estru metylowego oleju rzepakowego przeznaczonego do silników wysokoprężnych napędzających tabor użytkowy. Nadprodukcja w rolnictwie wielu krajów jest przyczyną wdrażania programów zmieniających kierunki rozwoju gospodarki rolnej m.in. zmierzających do zwiększenia wykorzystania niektórych płodów i roślin jako surowców przemysłowych. Tak skonstruowany program dla rolnictwa, oparty na wykorzystaniu odłogów i przyznawaniu rolnikom dopłat, przedstawia część jego potencjału na produkcję energii, stawiając sobie również szersze cele społeczne, jak zapobieganie wyludnianiu obszarów, na których rolnicy nie mogą sprostać konkurencji w produkcji płodów tradycyjnych. Zapewnienie zbytu, np. rzepaku

do celów energetycznych może przesądzić o ich pozostaniu w tradycyjnym otoczeniu. Rolnikom proponuje się ponadto zazielenianie obszarów skażonych. Rzepak z takich obszarów nie nadaje się celów spożywczych, może jednak z powodzeniem być wykorzystywany jako ekologiczne paliwo silnikowe.

8.05.2003 r. Parlament Europejski i Rada Europejska przyjęły dyrektywę 2003/303/WE w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw. Komisja Europejska określiła, że udział biokomponentów powinien osiągnąć:

- 2% w 2005 r.
- 5,75% w 2010 r.
- 20% w 2020 r.

Jednak przewiduje się, że zamiast planowanych 2%, wskaźnik wykorzystania biopaliw transportowych liczony energetycznie osiągnie w 2005 r. poziom 1,2%. Polska z 0,5% udziałem znajdzie się na 14 miejscu, między Grecją (0,7%) a Węgrami (0,4%). Europejskimi liderami biopaliw transportowych są: Szwecja (3%), Czechy (2,84%) i Austria (2,5%).

Czysty olej rzepakowy nie powinien być stosowany w konwencjonalnym silniku dieslowskim (m.in. z racji zapiekania się rozpylaczy, blokowania systemu wtryskowego pompy, problemów rozruchowych w niskich temperaturach). W związku z tym, zostaje poddawany procesowi reestryfikacji w kolumnach do wytwarzania estru olejowego, który nadaje się bez żadnych zmian do zasilania silników wysokoprężnych. Reestryfikacja w kolumnie odbywa się w cyklu półautomatycznego działania katalizatora na olej roślinny, z którego powstaje ester olejowy. Katalizatorem jest najczęściej dwuskładnikowa mieszanina spirytusu metylowego z dodatkiem wodorotlenku potasu. W reaktorze kolumny zainstalowano specjalne urządzenie do rozbijania cząstek oleju rzepakowego zapewniające uzyskiwanie paliwa o możliwie najlepszych parametrach. Proces kończy oczyszczenie estru z nadmiaru katalizatora w wyniku destylacji w temperaturze 60–70°C. Obecnie cena wytworzenia jednego litra biopaliwa (bez akcyzy i opłaty paliwowej) waha się w granicach 1,7–1,8 zł. Według Krajowej Izby Biopaliw opłacalność produkcji rozpoczyna się od ceny 72 USD za baryłkę ropy. Aby otrzymać 200 l oleju napędowego, należy użyć 235 l oleju rzepakowego, 34 l metanolu i 3,6 kg wodorotlenku potasu.

Według badań Instytutu Lotnictwa w Warszawie [6] zastosowanie paliwa rzepakowego w postaci estru metylowego – wykonanego zgodnie z odpowiednimi normami – w silniku o zapłonie samoczynnym nie wymaga żadnych zmian w jego regulacji i kompletacji, paliwo rzepakowe stanowi doskonały zamiennik oleju napędowego letniego i przejściowego:

- moc i moment obrotowy dla większości silników praktycznie nie ulegają zmianie, ponieważ pompa wtryskowa odmierza dawkę paliwa objętościowo; wskutek nieco większego godzinowego zużycia paliwa o ok. 8–14% rekompensuje się spadek wartości opałowej paliwa, co świadczy o wyższej sprawności energetycznej procesu spalania, szczególnie przy większych obciążeniach; nieco zmniejszają się przyspieszenia testowanych pojazdów (o ok. 3–11% w zależności od stanu cieplnego silnika);
- obciążenia mechaniczne i cieplne praktycznie pozostają na tym samym poziomie, temperatury spalin obniżają się o ok. 3–10%; maksymalne ciśnienie spalania zwiększa się o ok. 5%, zwiększają się chwilowe maksymalne ciśnienia wtrysku do 25%, co zwiększa nieco obciążenia węzłów przenoszenia mocy z silnika na pompę wtryskową;

- zwracają uwagę dobre własności rozruchowe silnika (wyższa liczba cetanowa); w temperaturach powietrza poniżej -12°C należy stosować odpowiednie dodatki depresujące lub mieszaniny z olejem napędowym zimowym lub benzyną;
- praktycznie nie ulega zmianie hałaśliwość silnika.

Korzystniejsze właściwości paliwa rzepakowego w porównaniu z olejem napędowym to:

- zmniejszenie emisji SO_2 i CO_2 ;
- zmniejszenie zadymienia spalin o 50–80% w stanach ustalonych i dynamicznych;
- zmniejszenie zawartości CO i HC w spalinach nawet do 40%, zmniejszenie związków mut- i kancerogennych,
- zmniejszenie cząstek stałych w spalinach o 10–60%;
- brak działania drażniącego i toksycznego na organizm ludzki;
- biodegradowalność (98,3% w ciągu 21 dni);
- lepsze własności smarne paliwa, bardzo dobry stan współpracujących elementów aparatury wtryskowej;
- większa liczba cetanowa;
- wyższa temperatura zapłonu (ok. 170°C), co kwalifikuje paliwo rzepakowe jako ciecz bezpieczną pożarowo; może to mieć wpływ na zmniejszenie kosztów ubezpieczeń pojazdów i budynków;
- paliwa rzepakowe mieszają się w dowolnych proporcjach z olejem napędowym, obniżając jednak swoje niektóre dobre własności ekologiczne.

W przypadku stosowania paliwa rzepakowego obserwuje się jednak zwiększoną emisję tlenków azotu o ok. 2–15%, co wynika z obecności tlenu związanego w grupie estrowej, poprawiającego proces spalania.

Zgodnie z definicją estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) otrzymuje się w procesie transestryfikacji metanolem triacylogliceroli oleju rzepakowego. Surowcem do produkcji FAME mogą być: rzepak, rośliny zawierające tłuszcz, odpady zawierające tłuszcze roślinne albo zwierzęce, tłuszcze pochodzące z procesu utylizacji zwierząt lub procesów oczyszczania ścieków.

Istotnym elementem warunkującym poprawną eksploatację silników zasilanych FAME jest zapewnienie jego odpowiedniej jakości przed zmieszaniem z olejem napędowym (po zmieszaniu z olejem napędowym ustalenie, czy użyty do mieszania FAME było odpowiedniej jakości, czy też nie, jest w większości przypadków niemożliwe). Aby tą jakość określić należy skontrolować około 20 parametrów, z których każdy odpowiada za inny aspekt eksploatacji pojazdu i logistyki.

Do podstawowych parametrów decydujących o jakości FAME należy zaliczyć:

- temperaturę zapłonu, wynoszącą około 150°C (z tego powodu FAME traktowane jest jako substancja niepalna); obniżenie tej temperatury do poziomu poniżej 100°C jest sygnałem, że w trakcie procesu technologicznego nie został usunięty nadmiar alkoholu metylowego, a jego obecność może źle wpływać na uszczelnienia, elastomery oraz zakłócać procesy zasilania w paliwo oraz spalania;
- popiół siarczanowy – jego poziom informuje o dokładności usunięcia katalizatora, zbyt wysoki może być przyczyną korozji oraz uszkodzenia wtryskiwaczy a powstałe osady mogą powodować blokowanie filtrów;
- liczbę kwasową – informującą o dacie produkcji, ale też o źle przeprowadzonym procesie produkcyjnym; niedotrzymanie wy-

mogów normy może być przyczyną skrócenia żywotności pompy, filtrów a także korozji;

- zawartość wolnego glicerolu informuje o głębokości konwersji tłuszczów FAME; zbyt wysoka wartość świadczy o tym, że proces estryfikacji nie został przeprowadzony do końca – stosowanie takiego paliwa zazwyczaj skutkuje uszkodzeniem silnika;

- odporność na utlenianie informuje o przydatności FAME do przechowywania i skłonności do degradacji w tym okresie

Każdy typ silnika, zasilany konwencjonalnym paliwem dieslowym i spełniający normy ekologiczne, spełni je również przy zasilaniu paliwem rzepakowym, a w odniesieniu do niektórych toksyn wykazuje ich mniejsze stężenie.

W wielu publikacjach wskazywane są również problemy, lub wręcz ostrzeżenia, związane ze stosowaniem FAME. Do najczęściej wymienianych zastrzeżeń należy zaliczyć:

- konieczność modyfikacji systemów wtryskowych z uwagi na większą lepkość estrów w porównaniu z olejem napędowym;
- zwiększoną emisję NO_x podczas spalania;
- mniejszą odporność na utlenianie, co ma szczególne znaczenie przy dłuższym przechowywaniu (zaleca się maksymalnie 6 miesięcy);
- higroskopijność;
- zwiększoną podatność na rozwój mikroorganizmów;
- możliwość blokowania systemu filtracyjnego przez wydzielone osady;
- agresywność wobec niektórych materiałów uszczelniających;
- odkładanie się osadów w pompach wtryskowych;
- niższą o ok. 5% wartość opałową, co skutkuje zwiększonym zużyciem paliwa;
- możliwość rozcieńczania oleju silnikowego, a w konsekwencji częstsze jego wymiany;
- konieczność modyfikacji struktury paliwowej i jej fizycznego wydzielenia, co powiększa koszty;
- niekorzystne cechy niskotemperaturowe.

Mało entuzjastyczne wydaje się też nastawienie producentów pojazdów. DAF dopuszcza zasilanie biodieslem ciężarówek grupy CE75 i CF85, wyprodukowane po 13 tygodniu 2001 r. (paliwo musi spełniać wymagania normy DIN E 51 606). Nie dopuszcza do stosowania w ciężarówkach XF95. W ciężarówkach objętych dopuszczeniem należy jednak skrócić do połowy przebiegi między wymianami oleju i filtrów paliwowych.

Wszystkie nowe modele Daimler-Chrysler, w tym Actros, Atego, Axor i Eonic są przystosowane fabrycznie do zasilania biodieslem (spełniającym DIN E 51 606). Zaleca się przemienne tankowanie biodiesel – olej napędowy i pewne skrócenie (w zależności od modelu pojazdu u warunków jego eksploatacji) przebiegów między wymianami oleju i filtrów paliwa.

IVECO dopuszcza zasilanie biodieslem niektórych silników. Nie dotyczy to silników z rozdzielaczową pompą wtryskową oraz silników z systemem wtrysku *common rail*.

MAN dopuszcza biodiesel do zasilania silników D08 od numeru 8953591 oraz D28 od nr 8953001. Należy jednak zmniejszyć przebiegi między wymianą oleju z 80 tys. do 30 tys. km i ograniczać gwarancję silnikową do przebiegu 200 tys. km.

Renault Trucks dopuszcza biodiesel (o parametrach ściśle według DIN E 51 606), jako składnik stanowiący maks. 5% w mieszance z olejem napędowym.

Scania nie dopuszcza w ogóle zasilania biodieslem, nawet jako dodatku do oleju napędowego.

Volvo odnosi się z rezerwą do biodiesla, nie udzielając formalnego dopuszczenia. Jednak toleruje jego ograniczone stosowanie w mieszankach z olejem napędowym, w których FAME nie przekracza 5%.

Ministerstwo Obrony USA stwierdziło, że z uwagi na obawy związane z odpornością na długotrwałe przechowywanie nie zezwala na stosowanie biodiesla w wojskowym sprzęcie taktycznym a jedynie w pojazdach o charakterze pomocniczym.

Stosowanie biopaliwa w lokomotywach cechuje jeszcze większa ostrożność. Brazylia jest jednym z pierwszych krajów, w których stosowanie biopaliw zyskało rangę programu rządowego. W 2008 r. dodatek 2% biopaliwa w oleju napędowym będzie obowiązkowy. Trwają 6-miesięczne testy dwóch lokomotyw napędzanych olejem napędowym z 20% dodatkiem biodiesla.

Produkcja polskiego biodiesla na skalę przemysłową ruszyła w grudniu 2004 r. Sprzedaż detaliczną Rafineria Trzebinia S.A. uruchomiła 5 lipca 2005 r. Wydajność instalacji to 100 tys. t estrów metylowych oleju rzepakowego rocznie. Hamulcem przy sprzedaży może być negatywna kampania, jaka miała miejsce podczas dyskusji ustawy o biopaliwach i brak odpowiednich norm. Paliwo to uzyskało wysoką ocenę podczas badań wykonywanych przez Centralne Laboratorium Nafty z uwagi na:

- wysoką liczbę cetanową;
- zwiększone własności smarne;
- małą zawartość siarki;
- mniejszą emisję spalin;
- małą toksyczność.

Sprzedaż zwiększa się w tempie 20% miesięcznie, ale większość produkcji jest eksportowana (w Polsce sprzedaż detaliczną prowadzi jedna stacja benzynowa, w Niemczech ponad 2000).

Zastosowanie gazu

W Szwecji planuje się w 2005 r. rozpoczęcie eksploatacji wagonu motorowego z silnikiem dostosowanym do zasilania gazem (koszt adaptacji w przeliczeniu na PLN wyniósł ok. 13 mln zł). Gaz zawiera 50–80% metanu, dwutlenku węgla oraz śladowe ilości innych gazów. W innych krajach stosowanie gazu ziemnego w miejsce paliw płynnych wiąże się ze spodziewanymi oszczędnościami finansowymi oraz poszanowaniem środowiska naturalnego. Gaz ziemny jest jednym z najbardziej ekologicznych i ekonomicznych paliw silnikowych. Zaletami jego wykorzystania jest ograniczenie

emisji zanieczyszczeń spalin, w tym o 99% zadymienia i smogu oraz zmniejszenie o 40% poziomu hałasu. Cena metra sześciennego sprężonego gazu (co odpowiada mniej więcej litrowi benzyny) jest np. w Polsce ponad trzykrotnie mniejsza od ceny benzyny.

Podsumowanie

1. Znaczące ograniczenie zużycia paliwa w lokomotywach spalinowych jest możliwe poprzez znane, lecz nie zawsze doceniane, możliwości techniczne i odpowiednią logistykę.
2. Dostawy paliwa, z uwagi na narażenia na nieuprawnione modyfikacje, powinny podlegać szczególnemu nadzorowi.
3. Nie należy rezygnować ze starań o zwolnienie paliwa kolejowego z akcyzy (zgodnie z Dyrektywą 2003/96/UE) i opłaty paliwowej.
4. Kształtujące się uwarunkowania ekonomiczne, ekologiczne i społeczne mogą spowodować konieczność stosowania biodiesla. Należy w związku z tym zagwarantować spełnianie wymagań jakościowych w zakresie nawet większym niż przy tradycyjnym oleju napędowym.

Literatura

- [1] www.cire.pl
- [2] www.pkp-cargo.pl
- [3] Jarzębowski A.: Materiały szkoleniowe firmy Expertise: *Olej napędowy – wymagania jakościowe*.
- [4] Michałowska J.: *Paliwa, oleje, smary*. WKŁ > Warszawa 1987.
- [5] Pongowski Z.: *Badania i eksploatacja biopaliw rzepakowych*. Instytut Lotnictwa Warszawa.
- [6] Kurier PKP 35/2005.
- [7] *Paliwa Płynne* 09/2004, 11/2004, 08/2005.
- [8] Przegląd Techniczny 16-17/2004.
- [9] Dyrektywa Unii Europejskiej w sprawie podatków od produktów energetycznych i energii elektrycznej nr 2003/96/UE.
- [10] Rozporządzenie Ministra Finansów z 26.04.2004 r. w sprawie zwolnień od podatku akcyzowego (Dz.U. Nr 97 poz. 966).

Autor

Władysław Reducha

PKP Cargo S.A.

Zakład Taboru w Gdyni

III Międzynarodowa Konferencja Naukowa

Telematyka Systemów Transportowych

Katowice, Ustroń 5–7 listopada 2005 r.

■ Transportowe systemy zarządzania ■ Inteligentne Systemy Transportowe ■ Architektura ITS ■ Usługi telematyki dla podróżnych ■ Wyposażenia pojazdów w środki telematyki ■ Europejskie Programy Ramowe ■ Sterowanie w systemach transportowych ■ Urządzenia teletransmisji i telenawigacji ■ Strategie wprowadzania rozwiązań telematyki transportu ■ Systemy monitorowania ruchu ■ Bezpieczeństwo w zarządzaniu i sterowaniu systemami transportowymi ■ Symulacja systemów transportowych ■ Standaryzacja telematycznych systemów transportowych ■ Telematyka w usługach logistycznych ■ Transport w kontekście wstąpienia nowych krajów do UE ■ Ekonomia i polityka transportowa

Informacje

Renata Skowrońska, Politechnika Śląska, Wydział Transportu

40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8, tel./fax (32) 603 43 65, e-mail: secretariat@tst-conference.org