

Eryk PRUGAR, Ryszard ZALEWSKI

WPLYW MODERNIZACJI TRAKCJI KOLEJOWEJ

NA ZMNIENIENIE TOKSYCZNEGO ZAGROZENIA NATURALNEGO ŚRODOWISKA CZŁOWIEKA

Streszczenie. W artykule omówiono wpływ różnych rodzajów trakcji na środowisko. Najbardziej "czystą" jest trakcja elektryczna. Zakłada się, że do 2000 roku trakcją elektryczną będzie wykonywać się ok. 97% pracy przewozowej. Jednak trakcja spalinowa musi być też rozwijana, ponieważ ma ona niezależne zadanie. Warunkiem ograniczenia toksyczności gazów spalinowych jest doskonalenie konstrukcji kolejnych silników spalinowych.

1. WPROWADZENIE

POLSKIE KOLEJE PAŃSTWOWE eksploatowały w 1986 roku w różnych rodzajach pracy następujące jednostki pociągowe przeznaczone do ciągnięcia lub popychania wagonów oraz do bezpośredniego przewożenia pasażerów lub ładunków:

- | | |
|------------------------------------|-------------|
| 1) parowozy - | 704 sztuk, |
| 2) lokomotywy spalinowe - | 2600 sztuk, |
| 3) elektrowozy - | 1809 sztuk, |
| 4) elektryczne zespoły trakcyjne - | 962 sztuk. |

Tablica 1

Procentowy udział poszczególnych rodzajów trakcji
w pracy przewozowej ogółem,
w okresie 1960 - 1987 - mierzonej w bruto-tonokilometrach

Rok	Udziały procentowe trakcji		
	parowej	spalinowej	elektrycznej
1960	91,4	0,4	8,2
1965	73,2	2,9	23,9
1970	39,8	16,2	44,0
1975	20,1	28,0	51,9
1985	3,4	22,2	74,4
1987	1,6	20,2	78,2

Z danych przedstawionych w tabelicy 1 wyraźnie wynika, że udział trakcji parowej uległ znacznemu ograniczeniu, wzrosły natomiast udziały trakcji spalinowej i elektrycznej. Sytuacja taka dotyczy również udziału trakcji parowej w pracy manewrowej ogółem, w latach 1960 - 1987 - mierzonej w pojazdokilometrach, co przedstawiono w tabelicy 2.

Tabelica 2

Procentowy udział poszczególnych rodzajów trakcji w pracy manewrowej ogółem w latach: 1960 - 1987, mierzonej w pojazdokilometrach

Rok	Procentowy udział trakcji		
	parowej	spalinowej	elektrycznej
1960	99,4	0,6	-
1965	85,6	13,5	0,9
1970	65,2	33,3	1,5
1975	45,1	53,2	1,7
1980	26,1	70,6	3,3
1983	21,4	75,0	3,6
1987	9,8	86,4	3,8

Tabelica 3

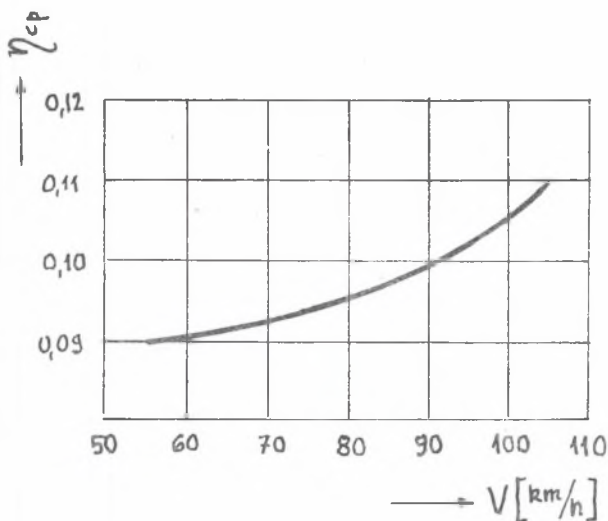
Zużycie paliw i energii elektrycznej przez trakcję kolejową w okresie lat: 1960 - 1987

Rok	Zużycie		
	węgla rzeczywistego w tys. Mg	oleju napędowego w tys. Mg	energii elektrycznej w mln kWh
1960	9.029	2,4	380
1965	8.461	42,2	1.055
1970	6.772	226,6	2.264
1975	4.904	513,2	2.248
1980	2.600	700,0	4.100
1987	840	548,7	5.136

W miarę modernizacji trakcji kolejowej zużycie paliw i energii znacznie się zmieniło, malało zużycie węgla kamiennego, wzrastało natomiast zużycie paliw ciekłych (oleju napędowego) i energii elektrycznej (tabl. 3).

O stopniowym wycofywaniu trakcji parowej w kolejnictwie aż do zupełnej jej likwidacji zdecydowała w pierwszym rzędzie niska sprawność cieplna

parowozów. Na rys. 1 przedstawiono sprawność energetyczną parowozu pospiesznego z bliźniaczą maszyną parową, przy normalnym natężeniu pracy - w zależności od szybkości jazdy.



Rys. 1. Wzór $\eta_{cp} = f(v)$

Fig. 1. $\eta_{cp} = f(v)$

O zastępowaniu trakcji parowej przez trakcję spalinową i elektryczną decydują ich wyższe sprawności, wahające się w granicach 20 do 36%. Obecnie przewiduje się, że do końca 1990 roku linie zelektryfikowane będą stanowiły 47% sieci, na których będzie się wykonywać aż 80% całej pracy przewozowej. Zakłada się też dalszą elektryfikację w latach 1991-1995, długość linii zelektryfikowanych ma wynieść około 54%. Przewiduje się więc, że ostatnie parowozy zostaną wycofane z eksploatacji po 1990 roku. Należy też nadmienić, że jest już budowana pierwsza elektryczna sieciowa lokomotywa manewrowa i w latach dziewięćdziesiątych będzie zwiększony udział trakcji elektrycznej w pracy manewrowej. Niewykluczony jest udział w pracy lokomotyw elektrycznych-akumulatorowych.

Należy zauważyć, że stosunkowo do niedawna nie brano pod uwagę zagadnień dotyczących ochrony naturalnego środowiska, zagrożonego przez poszczególne rodzaje trakcji kolejowej.

Obecnie wobec katastrofalnego stanu zagrożenia biosfery na skutek niekontrolowanego rozwoju techniczno-przemysłowej cywilizacji, zagadnienie ochrony naturalnego środowiska nabiera szczególnego znaczenia. Z obszernego sprawozdania opracowanego dla UNESCO przez grupę międzynarodowych ekspertów wynika, że o ile do 2000 roku zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego

rycznego będzie zachodzić w nie zmienionym stopniu, to biosfera warunkująca życie na Ziemi może zostać całkowicie skażona.

Zanieczyszczanie biosfery wynikające z procesów spalania różnych paliw, aby uzyskać energię mechaniczną na cele trakcyjne występuje inaczej w przypadku trakcji parowej i spalinowej, a inaczej w przypadku trakcji elektrycznej.

Przy trakcji parowej i spalinowej zanieczyszczenia wydalone są do atmosfery bezpośrednio otaczającej linie i dworce kolejowe, natomiast w przypadku trakcji elektrycznej, elektrownie zasilające sieci wydalaają zanieczyszczenia w miejscach ich zainstalowania i w najbliższych ich okolicach.

2. EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ PRZEZ TRAKCJĘ PAROWĄ

W Polsce, jak i w większości krajów świata, do spalania w kotłach parowozów stosowany jest prawie wyłącznie węgiel kamienny i to różnych gatunków - od węgla młodych do najstarszych antracytów.

Proces spalania węgla kamiennego w kotle parowozu odbywa się na ruszcie obsługiwanym ręcznie lub mechanicznie oraz w przestrzeni skrzyni ogniowej - przy doprowadzaniu powietrza z reguły od dołu, poprzez szczeliny rusztu.

Przy nieumiejętnej obsłudze paleniska, zwłaszcza przy ręcznym narzucaniu węgla na ruszt, występują strefy, w których teoretyczne zapotrzebowanie powietrza do spalania jest okresowo zmienne. W wyniku okresowej zmienności współczynnika nadmiaru powietrza, przy zmniejszeniu się jego wartości poniżej wartości teoretycznej, w spalinach pojawiają się produkty niezupełnego utleniania: CO, H₂, SO₂ oraz nie spalony węgiel (w popiele, koksiku lotnym i w sadzy).

W tablicy 4 przedstawiono ilości głównych zanieczyszczeń atmosfery przez trakcję parową, obejmujących SO₂ oraz płyty składające się z cząsteczek: popiołu, koksika lotnego i sadzy.

Tablica 4

Ilości zanieczyszczeń atmosfery
przez trakcję parową

Lata	Płyty	SO ₂
	tys. Mg	tys. Mg
1960	300	192
1987	26,3	16,8

Emisja pyłów zależna jest więc od wielu czynników, m.in. od konstrukcji paleniska, typu rusztu oraz od wartości współczynnika nadmiaru powietrza.

Ilość wyemitowanego SO_2 zależy przede wszystkim od zawartości siarki w węglu. Między procentową zawartością siarki w węglu a ilością wyemitowanego w kg SO_2 w wyniku spalania 1 Mg węgla występuje zależność liniowa:

$$J = 20 \cdot S \text{ kg/Mg}$$

gdzie:

S - zawartość siarki w węglu, %.

Zawartość siarki w węglu przeznaczonym do spalania na rusztach kotłów parowozowych nie powinna być większa niż 1%.

3. EMISJA ZANIECZYSZCZEN PRZEZ TRAKCJĘ SPALINOWĄ

Myśl zastąpienia trakcji parowej przez trakcję spalinową pojawiła się już w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia, niedługo po wynalezieniu tłokowego silnika spalinowego - bo już w 1880 roku niemiecka firma HANOMAG zbudowała pierwszy pojazd szynowy napędzany silnikiem spalinowym. Pojazd ten nie miał praktycznego zastosowania, gdyż jego silnik o mocy 1,5 kW, przy swoich gabarytach i masie wynoszącej ca 1200 kg oraz przy stosowaniu przenoszenia momentu obrotowego za pomocą przekładni pasowych, nie spełniał wymagań trakcyjnych. Podobny los spotkał budowane przez firmy BENZ i DAIMLER pojazdy szynowe - z uwagi na zbyt małe moce (~ 3 kW) osiągnięte przez ich silniki. Dalsze prace nad rozwojem trakcji spalinowej były prowadzone przez następujące firmy: DEUTZ w Niemczech, PRIESTMAN w Anglii, PATTON w USA. Firmy te stosowały silniki o mocy rzędu 22 kW. Moce silników, które do 1912 r. były wyłącznie silnikami o zapłonie iskrowym, wzrastały stopniowo do mocy rzędu 110 kW.

Pierwszy silnik spalinowy o zapłonie samoczynnym, który został zastosowany do napędu lokomotywy spalinowej firmy BOSIG - zbudowała firma szwajcarska SULZER. Silnik ten, jako 4-cylindrowy 2-suwowy osiągał przy prędkości obrotowej 300 min^{-1} moc 735 kW, wtrysk paliwa jak przy klasycznym obiegu DIESELA odbywał się za pomocą sprężonego powietrza.

Wspomniana lokomotywa, jakkolwiek jej silnik działał sprawnie, nie znalazła powszechnego zastosowania z uwagi na niesprawności w układzie bezpośredniego przeniesienia momentu obrotowego na jej koła napędowe. W 1922 r. zbudowano w ZSRR podobną lokomotywę napędzaną dwoma silnikami firmy VICKERS, które przy prędkości obrotowej 400 min^{-1} rozwijały moc rzędu 800 kW.

W latach trzydziestych wprowadzono szybkobieżne wagony napędzane silnikami spalinowymi, rozwijające szybkości do 160 km/h; dało to początek coraz powszechniejszemu stosowaniu trakcji spalinowej, jakkolwiek powolniejszy był w tym czasie rozwój lokomotyw spalinowych większych mocy, rzędu 800 kW.

W 1933 r. Polskie Koleje Państwowe wypożyczyły do próbnej eksploatacji od austriackiej firmy AUSTRO-DAIMLER-PUCH wagon osobowy, którego konstrukcja opierała się na dwóch dwuosioowych wózkach. Każdy z wózków wyposażony był w silnik spalinowy o zapłonie iskrowym o mocy ca 60 kW, przekładnię hydrauliczną i mechanizm nawrotny. Wagon ten, rozwijający szybkość 100 km/h i ochrzczony mianem "lux-torpeda", kursował na liniach: Kraków-Warszawa, Kraków-Zakopane, Kraków-Katowice, Kraków-Lwów i Kraków-Krynica. W 1935 r. Biuro Konstrukcyjne Pierwszej Fabryki Lokomotyw (FABLOK) po otrzymaniu dokumentacji technicznej z firmy AUSTRO-DAIMLER-PUCH opracowało zmienioną konstrukcję wagonu z uwzględnieniem wymagań PKP. Zmieniona konstrukcja wózków umożliwiła zastosowanie silników o zapłonie samoczynnym niemieckiej firmy MAN-DIESEL o mocy ca 92 kW przy prędkościach obrotowej 1350 min^{-1} .

Przenoszenie momentu obrotowego silnika na koła napędowe odbywało się poprzez zębatą przekładnię podwyższającą prędkość obrotową do 2700 min^{-1} i sprzęgło hydrauliczne oraz przetwornik hydrauliczny formy VOITH typ I.C.I. W połowie 1936 r. pierwszy zbudowany w FABLOKU w Chrzanowie wagon "lux-torpeda" rozpoczął jazdy próbne, które wypadły zadowalająco i na ich podstawie zdecydowano o budowie dalszych jednostek. Wybuch II Wojny Światowej przerwał dalsze prace nad ich udoskonaleniem oraz produkcję.

Do wybuchu II Wojny Światowej najliczniejszy park lokomotyw spalinowych posiadały Stany Zjednoczone Ameryki Północnej. Do napędu lokomotyw stosowane były zarówno silniki dwu- i czterosuwowe, w różnych układach konstrukcyjnych - jako: rządowe, widlaste i z tłokami przeciwbieżnymi. Głównymi producentami silników były następujące firmy: GENERAL MOTORS, COOPER BESSEMER, ALCO i GENERAL ELECTRIC, moce niektórych silników dochodziły do 2870 kW, przy prędkościach obrotowych rzędu: $800 - 1100 \text{ min}^{-1}$. W silnikach firmy ALCO średnie ciśnienie użyteczne osiągnęło wartość $p_e \sim 1800 \text{ kN/m}^2$.

W Europie, a później w ZSRR i Japonii gwałtowny rozwój trakcji spalinowej wystąpił na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych. W pierwszym okresie w kolejnictwie europejskim dominowały silniki produkowane przez następujące firmy: SACM Francja, SULZER Szwajcaria, MIRRLEES Anglia, ENGLISH ELECTRIC Anglia. Jednym z pierwszych silników o większej mocy był silnik firmy SULZER - Typ 12 LDA 28, który przy prędkości obrotowej $n = 800 \text{ min}^{-1}$ rozwijał moc $N_e = 1500 \text{ kW}$.

W późniejszym okresie pojawiają się udoskonalone i nowe konstrukcje silników kolejowych, których charakterystyczne parametry w większości rozwiązań osiągają następujące wartości:

- prędkość obrotowa $n = 750 - 1500 \text{ min}^{-1}$,
- średnie ciśnienie efektywne $p_e = 2400 \text{ kN/m}^2$,
- liczba cylindrów $i = 8 - 20$,
- moc jednostkowa $N_e = 300 - 736 \text{ kW/cykl}$,
- średnia prędkość tłoka $C_{\text{śr}} = 8 - 11,5 \text{ m/s}$.

Silniki te są zazwyczaj silnikami o widlastym układzie cylindrów, z dwustopniowym doładowaniem i chłodzeniem powietrza doładującego (przy sprężu rzędu: 3 - 3,5) oraz z bezpośrednim wtryskiem paliwa i czterema zaworami.

Trakcja spalinowa będzie się rozwijała przede wszystkim w krajach o dużych zasobach ropy naftowej i chcąc konkurować z transportem oraz komunikacją samochodową i lotniczą, będzie musiała w celu osiągnięcia szybkości przelotowych rzędu: 200 - 250 km/h stosować silniki o mocy rzędu: 6-7,5 MW.

W takich krajach jak np.: Szwajcaria, eksploatująca wiele hydroelektrowni, będzie się bardziej rozwijać trakcja elektryczna, które ze względu na duże początkowe koszty inwestycyjne (sieci elektryczne, podstacje transformatorów) będzie się amortyzować pod warunkiem dużego wykorzystania (obciążenia) zelektryfikowanych linii. W tych krajach, gdzie nie występują duże zasoby wodne (zapewniające tanią energię elektryczną) i zasoby ropy naftowej, muszą z sposób racjonalny współdziałać trakcja spalinowa i trakcja elektryczna.

W opisanej sytuacji znajduje się nasz Kraj i w obecnej chwili należy zwrócić szczególną uwagę na zagadnienie dotyczące możliwości zmniejszenia toksycznego zagrożenia naturalnego środowiska człowieka przez oba rodzaje trakcji kolejowej.

W dalszej treści zostaną przedstawione badania dotyczące aktualnego stanu oraz prace prowadzone przez: koleje zachodniemieckie (DB), radzieckie (SŻD) i wschodniemieckie (DR) odnośnie do stopnia zagrożenia biosfery przez trakcję spalinową i możliwości jego zmniejszenia.

3.1. Badania kolei zachodniemieckich (DB) [2]

Ilość szkodliwych substancji wyemitowanych w RFN w 1982 r. przez silniki spalinowe środków transportu i komunikacji wynosiła:

- tlenek węgla	5.330.000 Mg
- tlenki azotu	1.692.000 Mg
- węglowodory	624.000 Mg
- dwutlenek siarki	102.000 Mg
Ogółem:	7.748.000 Mg

W stosunku do ogólnej ilości substancji szkodliwych wyemitowanych przez wszystkie rodzaje środków transportu i komunikacji w 1982 r. - udział kolejowej trakcji spalinowej wynosił:

- tlenek węgla	4797 Mg
- tlenki azotu	20304 Mg
- węglowodory	1872 Mg
- dwutlenek siarki	310 Mg
Ogółem	27283 Mg

Te stosunkowo małe ilości substancji szkodliwych emitowanych przez trakcję spalinową wynikają z tego, że w RFN - 85% pracy przewozowej i 3% pracy manewrowej wykonywane są przez trakcję elektryczną. Z porównania wielkości emisji szkodliwych substancji wydalanych do biosfery przez silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym napędzające różnego rodzaju pojazdy samochodowe i pojazdy kolejowej trakcji spalinowej wynika, że przy jednakowych wielkościach przewozów gazy spalinowe silników samochodowych zawierają:

- 4,4 - 4,8 razy więcej $C_m H_n$,
- 1,6 - 1,8 razy więcej CO ,
- 2,2 - 2,4 razy więcej NO_x .

Normy ECE (Economic Commission for Europe) ustalają następujące, graniczne ilości szkodliwych substancji w spalinach samochodowych o zapłonie samoczynnym:

- tlenek węgla - 14 g/kWh,
- tlenki azotu - 18 g/kWh,
- węglowodory - 3,5 g/kWh.

Toksyczność spalin tych silników jest oceniana na stanowisku do badań silnikowych, przy czym kontrolny cykl badawczy składa się z 13 obciążeń eksploatacyjnych - zaczynając od minimalnej prędkości biegu jałowego aż do prędkości nominalnej oraz przy prędkości obrotowej odpowiadającej maksymalnej wartości momentu obrotowego silnika i przy stopniowym zwiększaniu obciążenia silnika od 10% aż do pełnego.

Dla kolejowych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym ORE (Office of Research and Experiments - Urząd Badań i Prób Międzynarodowego Związku Kolei w Utrechcie) ustalili graniczne wartości zadymienia spalin sadzą w zależności od strumienia masowego przepływającego przez silnik, które wg skali BOSCHA winno przekroczyć:

- 1,6 dla silników o strumieniu masowym powietrza powyżej 1 kg/s,
- 2,5 dla silników o strumieniu masowym powietrza około 0,2 kg/s.

Dopuszczalne zawartości CO , NO_x i $C_m H_n$ w spalinach silników kolejowych, wg ORE nie powinny przekroczyć:

- CO - 8 g/kWh,
- NO_x - 20 g/kWh,
- $C_m H_n$ - 2,4 g/kWh.

Koleje zachodniemieckie ustalając własny normatyw ilości szkodliwych substancji w spalinach silników kolejowych uwzględnili różne ich typy. Badania i obliczenia wykonano dla następujących silników:

- silniki z wytryskiem bezpośrednim

12V936-TB10 i 12V956-TB11,

- silniki z wtryskiem pośrednim
12V652 i 16V652.

Na podstawie badań tych silników oraz przeprowadzonych obliczeń ustalono następujące normatywy ilości toksycznych składników w ich spalinach, powstałych w wyniku spalania 1 kg oleju napędowego:

- tlenek węgla - 10 g/kg oleju,
- tlenki azotu - 44 g/kg oleju,
- węglowodory - 4 g/kg oleju,
- sadza - 1,3 g/kg oleju.

Badania przeprowadzono przy użyciu oleju napędowego odpowiadającego normie DIM 51601, o następującym procentowym składzie masowym: C - 86%, H - 13,6%, S - 0,2 - 0,3%.

3.2. Badania kolei radzieckich (SZD) [1]

Środki transportu i komunikacji w ZSRR emitują do biosfery toksyczne składniki spalin pochodzących z różnych źródeł ich napędu, wg następujących udziałów procentowych:

- transport samochodowy - 70%,
- traktory - 9,4%,

Tablica 5

Ilość podstawowych związków toksycznych
wydalanych podczas pracy silników spalinowych
lokomotyw radzieckich w czasie 1 min [1]

Seria lokomotywy	Silnik spalinowy			Zużycie paliwa g/kWh	Ilość związków toksycznych w gazach spalinowych w g			
	Typ	Moc kW	Prędkość obrotowa min ⁻¹		Obciążenie	CO	NO _x	SO ₂
TE33	2D100 dwusuw	1470	850	245	min	32,1	84	1,1
					max	50,4	316	18,7
2TE100	10D100 dwusuw z doładowaniem	2200	850	224	min	4,4	1,1	1,4
					max	78,1	77,5	52,4
2TE116	D49 czterosuw z doładowaniem i chłodzeniem powietrzem	2200	1000	218	min	6,02	6,5	0,6
					max	168,5	186,4	43,3

- lotnictwo - 7,3%,
- transport wodny - 4,1%,
- transport kolejowy - 9,2%

W wyniku przeprowadzenia badań dotyczących emisji toksycznych składników, przy minimalnym i maksymalnym obciążeniu 3 silników kolejowych ustalono ich średnie wartości, które przedstawiono w tablicy 5.

3.3. Badania kolei wschodniemieckich (DR) [5]

Celem zorientowania się o stopniu zagrożenia naturalnego środowiska człowieka przez toksyczne składniki spalin ulatujących z silników spalinyowych o zapłonie samoczynnym, napędzających lokomotywy spalinowe, przeprowadzono w NRD badania 3 silników:

Silnik 12 KVD 18/21-A2 - czterosurowy, doładowany:

- liczba cylindrów $i = 12$,
- moc $N_e = 735$ kW,
- prędkość obrotowa $n = 1500$ min⁻¹,
- wtrysk pośredni do komory wstępnej.

Dwa takie silniki napędzają lokomotywę BR-118, badania tych silników przeprowadzono, gdy były w stanie nowym (rozpoczęcie eksploatacji), a następnie po ich 500 i 1000 godzinach pracy.

Silnik 14D40 - dwusurowy, doładowany:

- liczba cylindrów $i = 12$,
- moc $N_e = 1470$ kW,
- prędkość obrotowa $n = 750$ min⁻¹,
- wtrysk bezpośredni.

Silnik ten napędza lokomotywę BR-120 i był badany w stanie nowym, a następnie po 100000 i 150000 km przebiegu lokomotywy.

Silnik 5D49 - czterosurowy, dokładowany

- liczba cylindrów $i = 16$,
- moc $N_e = 2200$ kW,
- prędkość obrotowa $n = 1000$ min⁻¹,
- wtrysk bezpośredni.

Silnik ten napędza lokomotywy BR-130, BR-131 i BR-132 i był badany w stanie nowym, a następnie po 120000 i 240000 km przebiegu lokomotywy.

Badania silnika KVD 18/21-A2 odbywały się przy prędkościach obrotowych pomiędzy 700 - 1500 min⁻¹, skokami co 100 obrotów od najwyższych do najniższych (tabl. 6).

Badania silnika 14D40 odbywały się przy prędkościach obrotowych: 400, 500, 600, 700 i 750 min⁻¹, a silnika 5D49 przy prędkościach: 350, 490, 580, 860 i 1000 min⁻¹, przy czym pomiary dokonywane były od najmniejszych prę-

kości obrotowych do największych i odwrotnie. Według HUNIGENA silniki napędzające lokomotywy BR-118 można badać podobnie, jak badane są silniki pojazdów samochodowych.

Tablica 6

Wyniki badań silnika 12 KVD 18/21-A2

- lokomotywa BR-118

Godziny pracy	Zawartość %	NO _x	CO	HCHO	Sadza
Silnik nowy		84,7	8,4	0,6	6,3
5000		81,3	10,0	2,0	6,7
10000		66,5	21,4	1,6	10,5
wg HUNIGENA		72,7	19,0		8,3

Stwierdzono, że przy maksymalnej mocy występuje pewien wzrost ilości toksycznych składników w spalinach, natomiast na skutek wysokich temperatur zawartość sadzy maleje, odnosi się to również do zawartości CO i HCHO. Przy 0,25 obciążenia zawartość NO_x znacznie się zmniejsza (tabl. 7).

Tablica 7

Wyniki badań silnika 14D40

Przebieg km	Zawartość %	NO _x	CO	HCHO	Sadza
Silnik mocy		61,1	9,4	2,1	8,4
100000		72,1	12,4	2,9	12,6
150000		64,9	14,0	6,4	14,7
wg HUNIGENA		72,7	19,0	-	8,3

Stwierdzono, że ze wzrostem przebiegu lokomotywy, przy pełnym obciążeniu silnika, przebieg procesu spalania pogarsza się na skutek niedostarczenia przez układ doładowujący wymaganej ilości powietrza. Silnik ten odznacza się w porównaniu z silnikiem 12 KVD 18/21-A2 większą emisją CO i sadzy, przy czym emisja NO_x występuje w normalnych granicach.

W tablicy 8 przedstawiono wyniki badań silnika 5D49 - lokomotywy BR-130, BR-131 i BR-132.

Stwierdzono, że maksymalna emisja NO_x występuje przy 0,25 mocy maksymalnej podczas gdy maksymalna emisja CO występuje przy 0,40 mocy maksymalnej.

Tablica 8

Wyniki badań silnika 5D49

Przebieg km \ Zawartość %	NO _c	CO	HCHO	Sadza
Silnik nowy	42,9	7,1	42,8	7,2
120000	60,4	13,1	18,3	8,2
240000	46,5	10,7	32,2	10,6
wg HUNIGENa	72,7	19		8,3

W wyniku przeprowadzonych badań wymienionych silników, postulowano rozwijać takie konstrukcje silników, które zapewniałyby znaczne obniżenie ilości emitowanych NO_x i sadzy.

3.4. Oszacowanie emisji zanieczyszczeń przez PKP

Aktualnie PKP eksploatują 13 różnych serii lokomotyw spalinowych pociągowych i manewrowych oraz pojedyncze wagony spalinowe. Wśród eksploatowanych lokomotyw najliczniejsze są: SM31, SM42, ST43, ST44 i SP45. Dane techniczne silników napędzających wymienione lokomotywy przedstawiają w tablicy 9.

W pracy manewrowej eksploatowane są w zasadzie lokomotywy SM42 - do manewrów lekkich i średnich, natomiast do manewrów ciężkich lokomotywy SM31.

Na podstawie obserwacji pracy manewrowych lokomotyw spalinowych stwierdzono znaczny udział czasu pogotowania tych lokomotyw przy pracy silnika napędowego na biegu jałowym, łącznie z jazdą luzem oraz pracą z małymi obciążeniami - czas ten stanowi: 50 - 80% czasu pracy lokomotywy. Lokomotywa manewrowa pracuje w warunkach nie ustalonych - często zmieniających się - stąd obciążenie silnika napędowego ulega częstym zmianom.

W wyniku nie ustalonych warunków pracy silnika spalinowego lokomotywy manewrowej występuje znaczna emisja szkodliwych substancji, a mianowicie:

- duże ilości CO i C_mH_n przy pracy na biegu jałowym,
- duże ilości NO_x podczas zwiększania obciążenia,
- duże ilości HCHO podczas zmniejszenia obciążenia.

W pracy pociągowej ruchu towarowego eksploatowane są lokomotywy ST43 i ST44, charakteryzujące się bardziej ustalonymi obciążeniami niż lokomotywy manewrowe, stąd ilości szkodliwych substancji emitowanych przez ich silniki do biosfery są znacznie mniejsze.

Badania pracy lokomotyw pociągowych wykazują, że ich silniki pracują w zakresie: 80 - 90% mocy nominalnej, w którym występuje najmniejsze zużycie paliwa. W tablicy 10 przedstawiono współczynniki czasu pracy lokomotywy manewrowej i pociągowej, jak również moc silników odpowiadających obszarowi minimalnego zużycia paliwa w odniesieniu do mocy nominalnej.

Tablica 9

Dane techniczne silników napędzających lokomotywy: SM31, SM42, ST43, ST44 i SP55

Lp.	Lokomotywy			Silniki spalinowe					
	Lp. Seria	producent	rok rozpoczęcia eksploatacji na PKP	typ	moc kW	Prędkość obrotowa min ⁻¹	zużycie paliwa g/kWh	Rodzaj wtrysku	Dołowanie
1	SM 31	Fablok Chrzanów	1976	s8C22W ZPM H. Cegielski	883	1000	224	bezpo- średni	z chłodze- niem po- wietrza
2	SM 42	Fablok Chrzanów	1965	s8C22 ZPM H. Cegielski	588	1000	224	bezpo- średni	bez chłod- zenia po- wietrza
3	ST 43	Elektro- putera Graiova Rumunia	1965	12LDA28 Sulzer	1545	750	235	bezpo- średni	bez chłod- zenia po- wietrza
4	ST 44	Wojoszy- żowgrad ZSPR	1966	14D40 dwusuw	1470	750	228	bezpo- średni	bez chłod- zenia po- wietrza
5	SP 45	ZPM H. Cegielski	1970	2112SSF licencja Fiat	1250	1500	223	bezpo- średni	z chłodze- niem powie- trza

W miarę rozwoju trakcji spalinowej na PKP nastąpił zasadniczy wzrost zużycia oleju napędowego, co spowodowało zwiększenie toksycznego zagrożenia biosfery.

Tablica 10

Współczynniki czasu pracy lokomotywy manewrowej i pociągowej [4]

Współczynnik czasu pracy manewrowej	Współczynnik czasu pracy liniowej	Moc silnika odpowiadająca obszarowi minimalnego jednostkowego paliwa wyrażona w % mocy zużycia nominalnej
0,98	0,02	26
0,92	0,08	30
0,72	0,28	42
0,49	0,51	55
0,08	0,92	80

Koncentracja substancji szkodliwych w spalinach silników napędzających lokomotywy spalinowe zależy od wielu czynników związanych z indywidualnymi cechami danego silnika i ich warunkami pracy - co utrudnia przyjęcie jednolitego sposobu wyrażania stopnia zagrożenia biosfery ich spalinami.

Jakościową ocenę procesu spalania można uzyskać wyrażając ilość toksycznego składnika odniesioną do 1 kg zużytego paliwa (g/kg). Rozpowszechniło się również określanie ilości toksycznego składnika w spalinach przez:

- g/h (przy danym obciążeniu),
- g/kWh emisja jednostkowa,
- g/km stosowane w trakcji.

Wg źródeł belgijskich ilość toksycznych składników w kg powstających w wyniku spalania 1 Mg oleju napędowego wynosi:

- tlenek węgla 21 kg/Mg,
- tlenki azotu 13 kg/Mg,
- węglowodory 4,2 kg/Mg,
- dwutlenek siarki 7,8 kg/Mg,
- aldehydy 0,78 kg/Mg.

Są to dane dla samochodowych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym i znacznie odbiegają od ustaleń kolei zachodnio-niemieckich dla trakcji spalinowej.

Biuro Prób i Badań Międzynarodowego Związku Kolei (ORE) ustaliło w latach siedemdziesiątych normy dotyczące emisji toksycznych składników przez trakcję spalinową, które do dnia 1 stycznia 1982 r. dopuszczały następujące ich ilości [5]:

- tlenek węgla 12 g/kWh,
- tlenki azotu 24 g/kWh,
- węglowodory 4 g/kWh.

Przeprowadzone przez zarządy kolei zachodnich badania wykazały, że eksploatowane przez nich lokomotywy spalinowe nie przekraczają ustalonych norm.

Po 1 stycznia 1982 r. normy zostały zaostrzone i dopuszczają następujące ilości zanieczyszczeń [5]:

- tlenek węgla 8 g/kWh,
- tlenki azotu 20 g/kWh,
- węglowodory 2,4 g/kWh.

Z uwagi na brak krajowych danych dotyczących dopuszczalnej emisji zanieczyszczeń przez trakcję spalinową PKP przyjmuje się dane przyjęte dla trakcji przez koleje zachodnioniemieckie.

Zanieczyszczenia środowiska naturalnego człowieka przez trakcję spalinową PKP w roku 1987 szacuje się na następujące ilości:

- tlenek węgla 5487 Mg,
- tlenki azotu 24143 Mg,
- węglowodory 22195 Mg,
- dwutlenek siarki 4280 Mg,
- sadza 713 Mg.

Łącznie: 36818 Mg

3.5. Możliwości zmniejszenia zagrożenia biosfery przez toksyczne składniki spalin wydalanych z silników spalinowych o zapłonie samoczynnym

Z uwagi na odmienne warunki, w jakich powstają toksyczne związki, dużym utrudnieniem jest zbudowanie takiego silnika, który przy spełnianiu norm dotyczących ograniczenia emisji tych związków odznaczałby się:

a) dużymi wartościami:

- objętościowego wskaźnika mocy,
- sprawności ogólnej,
- tłokowego wskaźnika mocy;

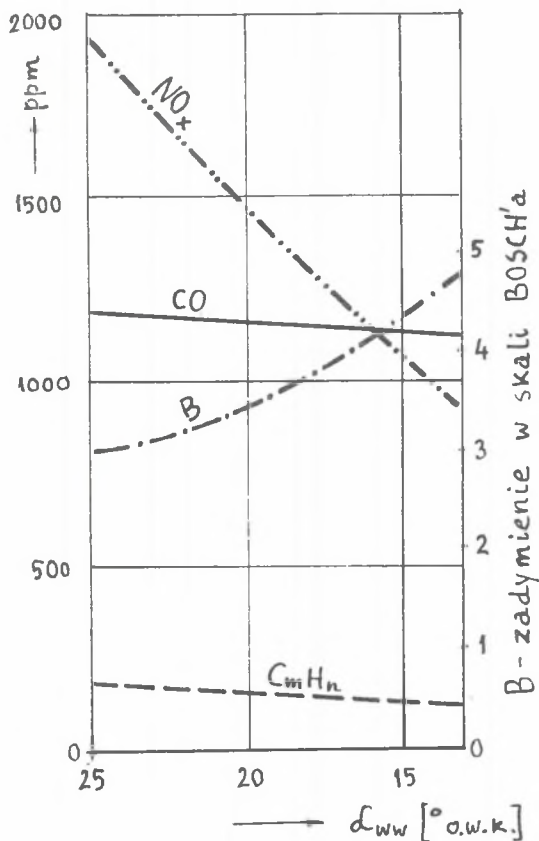
b) małymi wartościami:

- jednostkowej masy silnika,
- średniej szybkości tłoka,
- jednostkowego zużycia paliwa.

W zasadzie istnieją trzy kierunki oddziaływania na zmniejszenie emisji toksycznych składników przez silniki spalinowe, a mianowicie:

1. Oddziaływania przed silnikiem które obejmują:

1. zmiany w układzie wtryskowego zasilania,
2. zasilanie emulsją paliwowo-wodną.



Rys. 2. CO, NO_x , C_mH_n , B = $f(\alpha_{wv})$

Fig. 2. C_{mH_n} , NO_x , H_n , B = $f(\alpha_{wv})$

2. Oddziaływania w samym silniku, które obejmują:

- 1 - konstrukcję komory spalania,
- 2 - zmiany w fazach rozrządu,
- 3 - recyrkulację spalin,
- 4 - wyłączenie z pracy grupy cylindrów silnika.

3. Oddziaływania poza silnikiem, które obejmują:

- 1 - dopalanie płomieniowe,
- 2 - dopalanie katalityczne,
- 3 - chemiczną neutralizację.

Ad. 1. Jeśli chodzi o oddziaływanie przed silnikiem to należy:

- zwracać szczególną uwagę na dobór właściwego kąta wyprzedzenia wtrysku α_{wv} , od którego w dużej mierze zależy emisja toksycznych składników oraz zadymienie spalin (rys. 2),
- stosować pompy wtryskowe nowej generacji firmy BOSCH i DIESELKIKI dla silników z wtryskiem bezpośrednim, wyposażone w elektroniczne sterowanie przebiegiem wtrysku oraz o wysokich ciśnieniach wtrysku rzędu: 90-100 MPa i zapewniające wymaganą intensywność wzrostu ilości podawanego paliwa na 1° obrotu wałka krzywkowego pompy. Pompy te wyposażone są w dodatkowy człon funkcjonalny, zwany zasobnikiem nadciśnienia, w którym gromadzi się energia ciśnienia dzięki zwiększeniu się napięcia elementu sprężyste- go - zazwyczaj sprężyna śrubowa o dużej twardości. Urządzenie to zezwala na uzyskanie odpowiednio dużej dawki paliwa pod wysokim ciśnieniem w końcowej fazie wtrysku.

Pewne zmiany dotyczące kształtu tłoczków pompy wtryskowej, mające na celu zmniejszenie emisji toksycznych składników, zwłaszcza przez silniki manewrowych lokomotyw spalinowych, których czas pracy na biegu jałowym łącznie z jazdą luzem i małymi obciążeniami stanowi: 50 - 80% całkowitego czasu ich pracy - są prowadzone przez Zakład Silników Spalinowych Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

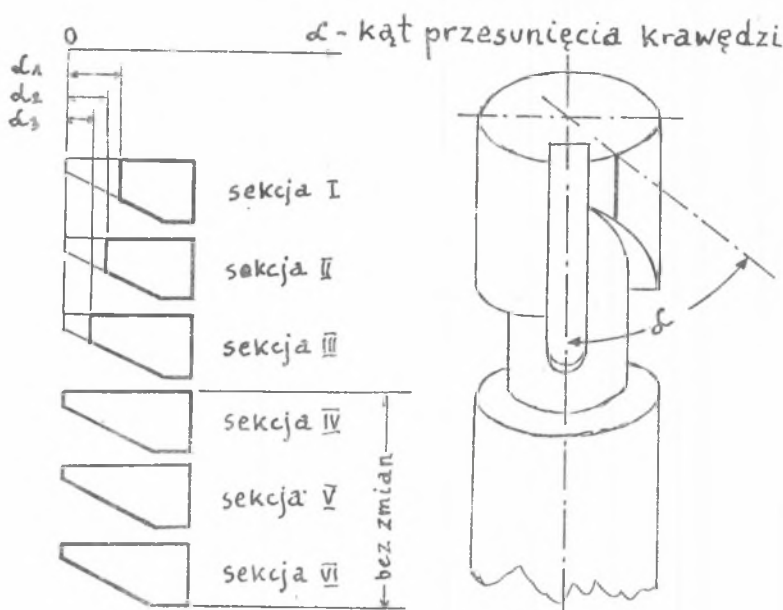
Wspomniane zmiany kształtu tłoczków pompy wtryskowej, polegające na skróceniu (od strony początku dawkowania) krawędzi sterujących tych tłoczków, zezwalają w miarę zmniejszania się obciążenia na wyłączenie z pracy pojedynczych cylindrów silnika, przez co zmniejsza się zużycie paliwa, a tym samym emisja CO.

Na rys. 3 przedstawiono skrócenie krawędzi sterujących tłoczków w pompie wtryskowej dla 6-cylindrowego silnika.

Sposób obniżenia zawartości CO w spalinach wielocylindrowych, czterosuwowych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym, łącznie ze zmienioną pompą wtryskową, uzyskał Patent Urz. Pat. PRL Nr 141676 z mocą od dnia 03.08.1988 r. Współautorami patentu byli: doc. dr inż. Julian SIUREK, prof. dr inż. Eryk PRUGAR, mgr inż. Stefan ŚLADKOWSKI i st. technik Jerzy BALON.

Zmiany te dotyczą przystosowania silników o zapłonie samoczynnym do pracy w podziemnych wyrobiskach kopalń,

- stosować zasilanie silników spalinowych o zapłonie samoczynnym emulsją paliwowo-wodną, której spalanie powoduje obniżenie średniej temperatury oraz maksymalnego ciśnienia w komorze spalania. Większa lepkość emulsji paliwowo-wodnej niż oleju napędowego sprawia, że zasięg strugi rozpylanej emulsji jest większy niż oleju. Sprawia to, że zwiększa się kontakt paliwa z tlenem, co umożliwia stosowanie mniejszych wartości współczynnika nadmiaru powietrza, który ma decydujący wpływ na tworzenie się tlenków azotu.



Rys. 3. Zmiana kształtu tłoczków

Fig. 3. Shape modification of the injection pump plunger

Ilość tlenków azotu zależy przede wszystkim od maksymalnej temperatury spalania i od ilości wolnego tlenu, który występuje przy dużych wartościach λ , czyli od ilości azotu dostarczanego z powietrzem. Zasilanie silników emulsją paliwowo-wodną ma również wpływ na zmniejszenie emisji: CO, CmHn i sadzy, jak również może dać oszczędności w zużyciu oleju napędowego rzędu: 8 - 15%.

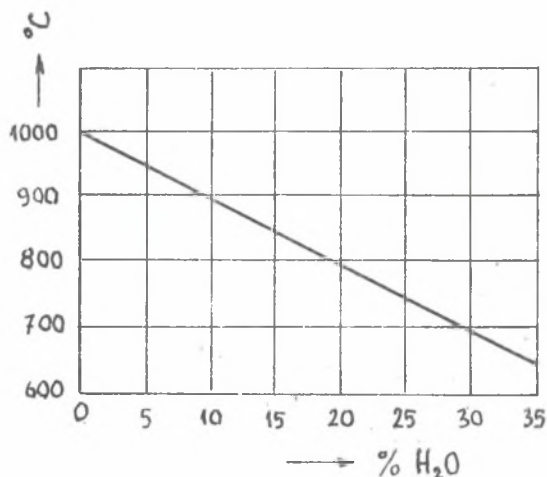
Większy zasięg strugi rozpylanej emulsji paliwowo-wodnej przyczynia się do ujednorodnienia mieszanki w komorze spalania przez co nie występują w niej strefy, w których współczynnik nadmiaru powietrza jest mniejszy od stechiometrycznego, co oznacza, że istnieją lepsze warunki do spalania zupełnego i całkowitego.

Obniżenie średniej temperatury spalania, zależnej od ilości wody w emisji - co przedstawiono na rys. 4 powoduje eliminację lokalnych stref o wysokiej temperaturze, a tym samym eliminację warunków dla powstawania sadzy.

Jak uprzednio wspomniano, zasilanie silników emulsją paliwowo-wodną może przyczynić się do uzyskania oszczędności w zużyciu oleju napędowego.

W tabelicy 11 przedstawiono wielkość możliwych oszczędności w zużyciu oleju napędowego - przy założonych oszczędnościach rzędu: 8,5; 11,5 i 14,5%.

W konsekwencji spalania mniejszych ilości oleju napędowego zmniejszona zostanie emisja toksycznych składników rzędu: 16 - 18 tys. Mg rocznie.



Rys. 4. Średnia temperatura spalania w funkcji ilości wody w emulsji
 Fig. 4. Mean temperature of combustion as a function of water contents in the emulsion

Tablica 11

Wielkość możliwych oszczędności w zużyciu oleju napędowego

Rok	Wielkość oszczędności w Mg		
	przy założonych oszczędnościach		
	8,5%	11,5%	14,5%
	minimalna	średnia	maksymalna
1989	58000	79000	99000
1990	59000	80000	100000

Ad. 2. Oddziaływanie w samym silniku zależy od konstrukcyjnego rozwiązania a przede wszystkim od typu komory spalania (systemu zawirowania ładunku (wtryskiwane paliwo-powietrze). W zasadzie stosowane są następujące typy spalania:

- komora wstępna,
- komora wirowa,
- komora w denku tłoka,

przy czym przy komorach: wstępnej i wirowej paliwo jest wtryskiwane do tych komór, natomiast przy komorze w denku tłoka paliwo jest bezpośrednio wtryskiwane do cylindrów silnika.

Poszczególne typy komór mają swoje zalety i wady; aktualnie pomimo mniejszej emisji: CO, NO_x i CmHn przez silniki z komorami o pośrednim wtrysku paliwa coraz częściej stosowany jest wtrysk bezpośredni do cylindrów silnika, gdyż odznacza się on mniejszym zużyciem paliwa i łatwością uruchamiania silnika, zwłaszcza przy niskich temperaturach otoczenia. W tabelicy 12 podano przybliżone wartości emisji toksycznych składników w g/milę dla silników z wtryskiem pośrednim i bezpośrednim.

Tabela 12

Porównanie emisji CO, NO_x
i CmHn silników z komorą wstępną i wirową
oraz z wtryskiem paliwa bezpośrednio do cylindrów

Wtrysk	DO	NO _x	C _m H _n
	g/milę	g/milę	g/milę
do komory wstępnej	1,1	1,3	0,2
do komory wirowej	1,2	1,2	0,41
bezpośredni	3	3	0,8

Proces tworzenia mieszanki w silnikach o zapłonie samoczynnym wiąże się ściśle z czasowym przebiegiem doprowadzania paliwa, jak również z przestrzennym wymieszaniem doprowadzonego paliwa z wysoko sprężonym powietrzem wypełniającym cylinder.

Z uwagi na bardzo krótki okres, jaki jest przeznaczony na wytworzenie mieszanki palnej w silnikach o zapłonie samoczynnym (który w przypadku silników: średnicobrotowych wynosi 8 - 10 ms, a szybkoobrotowych wynosi 1,5 - 2,5 ms, co dla obu typów silników odpowiada czasowi obrotu wału korbowego o 20 - 45° (kąt trwania wtrysku), decydującym o jakości wytworzonej mieszanki i o przebiegu procesu spalania oraz jego skutkach jest przede wszystkim kształt komory spalania zapewniający właściwe rozmieszczenia powietrza w poszczególnych jej strefach oraz wytworzenie odpowiednio intensywnego jego zawirowania.

Celem maksymalnego wykorzystania powietrza zawartego w komorze spalania należy dążyć do tego, aby te strefy komory spalania, w których znajduje się powietrze nie biorące udziału w procesie spalania, miały możliwie małe objętości.

Z analizy dotychczasowych rozwiązań komór spalania silników z wtryskiem bezpośrednim wynika, że objętość wgłębienia w denku tłoka, w którym tworzy się mieszanka palna, stanowi nieco ponad połowę objętości komory spalania (~ 58%). Na pozostałe 42% objętości komory spalania, w których znajduje

się powietrze nie biorące udziału w procesie tworzenia mieszanki, składają się:

- objętość powietrza wypełniającego przestrzeń pomiędzy dolną płytą głowicy i dnem tłoka, gdy ten znajduje się w G.M.P ($\sim 28\%$),
- objętość powietrza wypełniającego wgłębienia w tłoku dla grzybków zaworów (7.5%),
- objętość powietrza wypełniającego luz pomiędzy górną częścią dna tłoka i gładzią cylindra (6,5%).

Wspomniana część objętości komory spalania powoduje małe wykorzystanie ładunku powietrza dla procesu spalania, stąd wymagane jest możliwie jak największe jej ograniczenie, objętość ta nie powinna przekraczać 30% całkowitej objętości komory spalania.

Jeśli chodzi o zmiany w fazach rozrządu, to przez zwiększenie okresu współtwarcia zaworów - wyrażanego w $^{\circ}$ o.w.k., uzyskuje się zwiększenie stopnia napełniania przez intensywne przepłukiwanie komory spalania dzięki obniżeniu jej temperatury.

Wartości kątów w stopniach obrotu wału korbowego odpowiadających okresowi współtwarcia zaworów wynoszą:

- 10 - 40 $^{\circ}$ o.w.k dla silników bez doładowania,
- 120 - 160 $^{\circ}$ o.w.k. dla silników z doładowaniem.

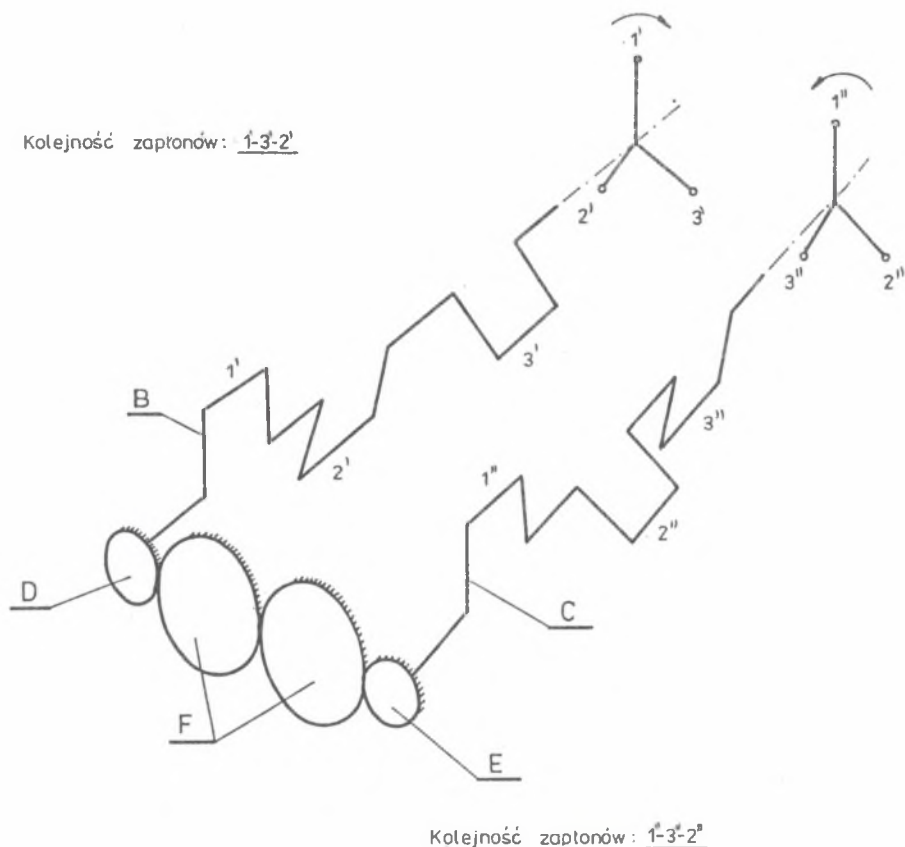
W ramach Centralnego Programu Badań Podstawowych O2.22 dotyczącego "Badań przemysłowych procesów termodynamicznych", w Zakładzie Silników Spalinowych Politechniki Śląskiej w Gliwicach jest wykonywana praca NB-253/RME-3/87 n.t. "Koncepcja i badania nowych rozwiązań mających na celu uzyskanie bardziej oszczędnego zużycia paliw przez tłokowe silniki spalinowe i zmniejszenie toksycznego zagrożenia środowiska ich spalinami".

W zadaniu 4 tego tematu wykonywane były m.in. badania dotyczące recyrkulacji spalin, kierownikiem tego Zadania był doc. dr inż. Julian SIUREK, a Jego współpracownikami mgr inż. Adam CIESIOŁKIEWICZ i mgr inż. Zbigniew ŻMUDKA.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wpływ recyrkulacji spalin na zmniejszenie ogólnej emisji toksycznych składników jest oczywisty i że bez pogarszania się innych parametrów silnika można ca 25% spalin wydalanych przez silnik wprowadzić do jego cylindrów.

Bardziej szczegółowe omówienie zagadnienia dotyczącego recyrkulacji spalin będzie przedstawione w dalszym artykule.

W uzupełnieniu zagadnienia dotyczącego wyłączenia z pracy grupy cylindrów w wielocylindrowym silniku spalinowym w miarę zmniejszania się jego obciążenia, które było uprzednio przedstawione przy omawianiu zmian w układach wtryskowego zasilania silnika - w dniu 02.01.1989 r. został zgłoszony w Urz. Par. PRL projekt wynalazczy Nr P-277196 z mocą od dnia 13.01.1989 r. pt. "Układ do wyłączenia z pracy grupy cylindrów w wielocylindrowym tłokowym silniku spalinowym".



Rys. 6. Położenie wałów B i C w chwili włączania do pracy grupy cylindrów 1'', 2'', 3''

Fig. 6. Position of the B and C shafts at the moment of the engaging of the cylinder group 1'', 2'', 3''

czenia i włączenia do pracy cylindrów (1'', 2'', 3'') służy sprzęgło ciernio-kłowe (H) uruchomiane synchronizatorem elektronicznym (I).

W opisanym sposobie wyłączenia z pracy grupy cylindrów w silniku wielocylindrowym unika się niepotrzebnych strat, jakie występują przy dotychczas stosowanych sposobach - a polegające na tym, że w grupie cylindrów wyłączonych z pracy ich zestawy tłokowo-korbowe wykonują w dalszym ciągu ruch obrotowy i posuwisto-zwrotny, gdyż wał korbowy stanowi jeden element konstrukcyjny dla całego silnika, ponadto w grupie cylindrów wyłączonych z pracy występują tzw. "prace pompowania" (rozprężenie i sprężanie czynnika wypełniającego te cylindry).

Na rys. 6 przedstawiono połączenia obu wałów korbowych (B i C) w chwili włączania do pracy grupy cylindrów (1", 2", 3") poprzez przesuwne koło zębate (E) sterowane synchronizatorem elektronicznym (I).

Przy takim położeniu wykorbień wałów (B i C) wyrównowanie się sił bezwładności i momentów od tych sił osiąga optimum.

Ad.3. Co do oddziaływania poza silnikiem to w przypadku silników o zapłonie samoczynnym stosowane są z reguły różnego rodzaju filtry dla pochłaniania cząstek stałych i sadzy oraz katalityczne neutralizatory. Wadą filtrów jest ich mała skuteczność z uwagi na dość szybko ich zanieczyszczanie się, zwłaszcza przy małych obciążeniach silnika, gdy temperatura spalin jest stosunkowo niska i nie zapewnia ich regeneracji. Celem zwiększenia skuteczności działania filtrów stosuje się niekiedy ich podgrzewanie.

Katalityczne neutralizatory dają niewielką korzyść, ponieważ w zakresie stosowanych współczynników nadmiaru powietrza ($\lambda = 1,2 - 1,6$) redukcja NO_x przebiega w małym stopniu, a przy pracy silnika na biegu jałowym lub na małych obciążeniach temperatura spalin jest na tyle niska, że utleniania CO i C_mH_n jest ograniczone.

W celu spełnienia przyszłościowych - stale zaostrzających się norm odnośnie do ilości emitowanych składników toksycznych i wobec małej skuteczności filtrów i neutralizatorów należy, jak uprzednio wspomniano, szczególnie zwrócić uwagę na właściwą organizację procesu spalania tak, aby było ono całkowite i zupełne. Co do zawartości siarki w paliwie, to nie powinna ona przekraczać 0,05%.

4. EMISJA ZANIECZYSZCZENI PRZEZ TRAKCJĘ ELEKTRYCZNĄ

Trakcja elektryczna sama w sobie nie zagraża toksycznemu zanieczyszczeniu biosfery, natomiast elektrownie zasilające tę trakcję emitują do środowiska otaczającego te elektrownie i do najbliższych ich okolic znaczne ilości tlenków azotu i dwutlenku siarki oraz różnych pyłów.

W 1986 r. w Polsce w wyniku różnych procesów spalania do naturalnego środowiska człowieka zostało wyemitowanych:

- 4,3 mln Mg - SO_2 ,
- 1,5 mln Mg - NO_x ,
- 3,1 mln Mg - CO,
- 2,8 mln Mg - pyłów,

w tym energetyka zawodowa wyemitowała 45% SO_2 (1,94 mln Mg SO_2) i 27% NO_x (0,4 mln Mg NO_x), a z tego na trakcję elektryczną przypadnie:

- 68 000 Mg - SO_2 ,
- 14 000 Mg - NO_x .

Celem zmniejszenia wymienionych ilości SO_2 i NO_x należałoby przede wszystkim:

- stosować węgle lub oleje opałowe o niskiej zawartości siarki,
- stosować odsiarczanie spalin lub odsiarczanie węgla energetycznych,
- obniżyć maksymalną temperaturę procesu spalania, co jednak spowoduje spadek sprawności energetycznej elektrowni.

W celu zachowania wysokiej sprawności cieplnej elektrowni z równoczesnym zredukowaniem wydalaných przez nie toksycznych składników i pyłów należałoby powszechnie stosować odpowiednie urządzenia oszczędzające, których koszt jest stosunkowo wysoki - stanowi bowiem 30 - 35% kosztów budowy nowych elektrowni.

Z uwagi na wyższą ogólną sprawność trakcji elektrycznej, wynoszącą 19% w porównaniu ze sprawnością trakcji parowej (wg danych PKP w 1960 r. średnia wartość sprawności parowozów wynosiła 4%) - trakcja elektryczna przynosi poważne oszczędności w zużyciu paliwa, które szacuje się na 1000 Mg kamiennego najwyższej jakości - na 1 km przebytej drogi w stosunku rocznym.

W odpowiednio korzystnych warunkach, tj. przy uzyskaniu energii elektrycznej z ekonomicznie pracujących elektrowni i przy układach zasilania bez większych strat, sprawność trakcji elektrycznej może dojść do 25%.

W latach 1956-1980 trakcja elektryczna wykonała pracę przewozową wynoszącą 2 285 mld tonokm brutto, zużywając na ten cel 46 mld kWh energii elektrycznej, którą uzyskano ze spalania w elektrowniach 19 mld Mg paliwa umownego.

Trakcja parowa wykonując tę samą pracę przewodową zużyłaby ca 120 mln Mg paliwa umownego, tj. ca 6 razy więcej niż trakcja elektryczna - co oznacza, że w takim samym stopniu zagrożiłaby toksycznemu skażeniu biosfery.

Z zestawienia zużycia paliwa przez trakcję elektryczną i ewentualnie trakcję parową można stwierdzić, że trakcja elektryczna pozwoliła na zaoszczędzenie 100 mln Mg paliwa umownego.

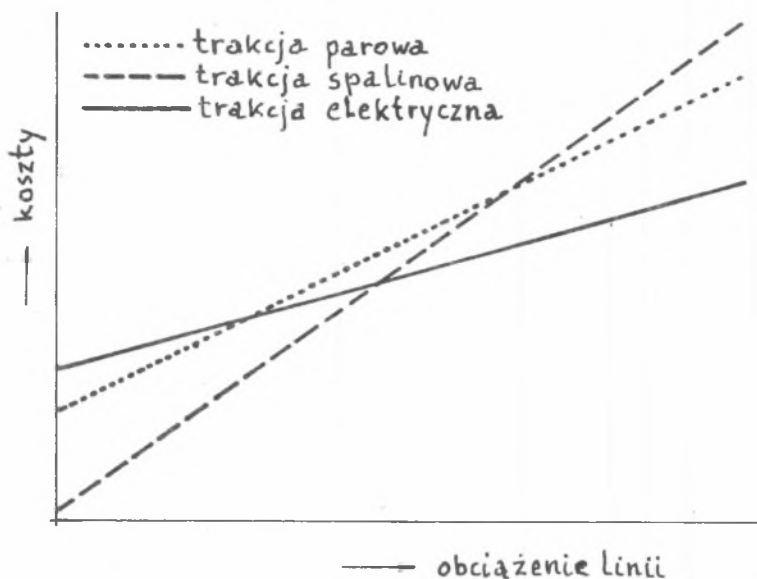
5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Decyzję o modernizacji krajowej trakcji kolejowej podjęto przed 20 laty; uzasadniona była ona stanem rozwoju techniki oraz zaletami trakcji spalinowej i elektrycznej w porównaniu z trakcją parową. Oprócz innych zalet, decydujące znaczenie miała sprawność poszczególnych trakcji.

Jak już uprzednio podano, sprawności poszczególnych rodzajów trakcji kształtowały się w granicach:

- trakcja parowa 4 - 9%
- trakcja spalinowa 25 - 30%
- trakcja elektryczna 19 - 25%.

Na rys. 7 przedstawiono w ujęciu uproszczonym porównanie kosztów eksploatacyjnych poszczególnych rodzajów trakcji w zależności od obciążenia linii, dla przeciętnych warunków europejskich.



Rys. 7. Koszty trzech rodzajów trakcji
Fig. 7. Costs comparison for 3 fraction types

Z przebiegu zależności przedstawionych na rys. 7 wynika, że w zakresie małych obciążeń linii najdroższa jest trakcja elektryczna a najtańsza trakcja spalinowa, ze względu na prawie 6-krotną wyższą sprawność od trakcji parowej. Trakcja elektryczna jest opłacalna w przypadku dużych obciążeń linii, decydują o tym znacznie nakłady inwestycyjne.

Celem poprawienia opłacalności trakcji elektrycznej zwiększona ostatnio na PKP długość linii zelektryfikowanych do ponad 10 000 km.

Zakłada się, że do 2000 r. zostanie zelektryfikowanych 18 000 km linii, a trakcja elektryczna wykonywałaby 97% pracy przewozowej - zużywając na te cele 14 000 mln kWh.

W związku z planowanym dalszym rozwojem elektryfikacji linii kolejowych, zmniejszanie udziału trakcji elektrycznej w zanieczyszczaniu biosfery związane jest z ograniczaniem emisji toksycznych składników przez elektrownie zasilające tę trakcję.

Opracowywane i wdrażane są nowe technologie umożliwiające redukcję NO_x oraz wiązanie SO_2 , jak również stosowane są skuteczne filtry wyłapujące 95% pyłów elektrownianych.

Jedna ze wspomnianych technologii PFBC (Pressurized Fluidized Bed Combustion) stosuje spalanie węgla pod ciśnieniem 1330 kPa powodujące redukcję NO_x oraz z dodatkiem dolomitu lub kamienia wapiennego wiążącego bezpośrednio SO_2 .

Według wspomnianej technologii pracuje siłownia Vartan w Szwecji o mocy 200 MW, stosując polskie węgle - przewiduje się, że technologia ta umożliwi spalanie węgla o zawartości siarki do 4% bez szkodliwego emitowania SO_2 .

Trakcja spalinowa, jako niezależna od zewnętrznych źródeł energii i odznaczająca się dużą gotowością techniczno-ruchową, powinna być ze względów strategicznych rozwijana równolegle z trakcją elektryczną. Warunkiem zmniejszenia toksycznego zagrożenia biosfery ze strony trakcji spalinowej jest kontynuowanie prac dotyczących rozwoju silników spalinowych o zapłonie samoczynnym, będących źródłem napędu lokomotyw spalinowych i wagonów motorowych.

Możliwość zmniejszenia zagrożenia biosfery przez toksyczne składniki spalin emitowanych przez silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym zostały przedstawione w p. 3.5 niniejszego opracowania.

LITERATURA

1. GOLDMAN E.J. i in.: Borba s zagrąznenijem atmosfierneho wozducha. Elektriczeskaja i Tieplowoznaja Tiaga, 1980, nr 6.
2. HAHN I.: Emissions from the diesel motive power vehicle. Glasers Annalen, 1986, nr 3.
3. KOPPEN J., SCHMIDT G.: Abgasuntersuchungen an Diesel-Triebfahrzeugen. Die Eisenbahntechnik, 1977, nr 8.
4. LEWANDOWSKI M., ŻMUDZIŃSKI S.: Kolejowe silniki spalinowe.
5. WKŁ 1982.
5. ORE. Question B13. Acceptance testing and maintenance of diesel engines. Report nr 22. Limits for pollutants in diesel engine exhaust. Utrecht, April 1978.

Recenzent:

doc. dr hab. inż. Stefan Postrzednik

ВЛИЯНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЯГИ Поездов НА ОГРАНИЧЕНИЕ ВЫЗЫВАЕМОЙ
ЕЕ ТОКСИЧЕСКОЙ СПАСНОСТИ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Р е з ю м е

В статье представлено влияние разных тяговых средств на окружающую среду. Самой "чистой" является электрическая тяга поездов. Предполагается, что до 2000 года электрической тягой будет исполняться ~97% перевозной работы. Однако тепловозная тяга должна тоже развиваться т.к. она независима от внешнего питания. ЧУсловием ограничения токсичности паровых газов является совершенствование конструкции локомотивных двигателей внутреннего сгорания.

INFLUENCE OF THE MODERNISATION OF RAILWAY ENGINES ON THE ENVIRONMENT

S u m m a r y

The paper deals with influence of all kinds of engines on the environment. The "cleanest" engines of course are the electrically powered ones and it is thought that by the year 2000 they shall perform same ~97% of the entire work load. At the same time diesel engines also ought to be modernised as they are independent of the outside power supply. Substantial reductions in the emission of toxic gases and substances in these engines can be achieved introducing modifications mentioned here.