

Optymalizacja przebiegów między naprawami okresowymi elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57

Próba opracowania przez Autorów metody prognozowania współczynników kosztów utrzymania oraz współczynników gotowości technicznej elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi umożliwiająca określanie optymalnych przebiegów międzynaprawczych z zastosowaniem programu komputerowego PRUPT (program wspomagania analizy, optymalizacji i prognozowania kosztów utrzymania pojazdów trakcyjnych).

Wykonanie analizy współczynników kosztów WKi oraz prognozowania zarówno tych współczynników, jak i współczynników gotowości technicznej Wgt elektrycznych zespołów

trakcyjnych serii EN57 w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi pojazdów może służyć do przedstawienia propozycji optymalnych przebiegów między naprawami okresowymi wykonywanymi w zakładach naprawczych dla pojazdów określonej serii. Analizy dla lokomotyw elektrycznych przedstawiono w *tts* 11/1999.

Analizę i prognozowanie współczynników kosztów utrzymania i gotowości technicznej elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi wykonano na podstawie danych za lata 1987–1992 dla elektrycznych zespołów trakcyjnych serii: EN57 eksploatowanych w lokomotywowni Warszawa Grochów.

Wykorzystanie danych zgromadzonych w pracy CNTK nr 2162/22 [7] ma istotne znaczenie dla dokonania wymienionych prognoz ze względu na duże zróżnicowanie średnich przebiegów między naprawami okresowymi pojazdów trakcyjnych w wymienionych latach, które dla elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 wynosiły od około 223 tys. km (1992 r.) do około 565 tys. km (1989 r.).

Do stworzenia możliwości porównywania kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN 57 w kolejnych latach (z uwzględnieniem poziomu inflacji) dokonano obliczeń współczynników kosztów utrzymania pojazdów z wykorzystaniem programu komputerowego PRUPT w CNTK [6].

W celu dokonania prognozy współczynników kosztów WKi oraz współczynnika gotowości technicznej pojazdów trakcyjnych Wgt w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi (z wykorzystaniem wymienionego programu), którego metodę obliczania przedstawiono w pracy CNTK, zgromadzono dane o eksploatacji elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 [8].

Analiza i prognoza współczynnika kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych

Analiza współczynników kosztów utrzymania

Zgodnie z danymi podanymi w tablicy 1, na rysunku 1 przedstawiono wykres współczynników kosztów utrzymania zespołów trakcyjnych serii EN57 eksploatowanych w lokomotywowni Warszawa Grochów w latach 1987–1992.

Zgodnie z podaną metodą do obliczenia współczynników kosztów przyjęto:

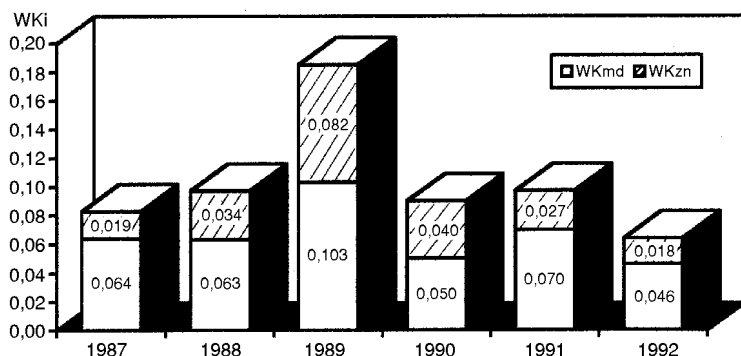
- koszty napraw w zakładach naprawczych WKzn, z uwzględnieniem kosztów napraw rewizyjnych, napraw głównych, kosztów napraw zespołów i podzespołów (napraw tzw. „rezerwy obiegowej”) oraz kosztów modernizacji wykonywanej w ograniczonym zakresie;
- koszty utrzymania w lokomotywowni WKmd, z uwzględnieniem kosztów bieżącego utrzymania (bez kosztów amortyzacji), kosztów czyszczenia, kosztów napraw bieżących oraz kosztów przeglądów okresowych.

Zastosowana metoda obliczania współczynników kosztów utrzymania zespołów serii EN57 pozwoliła na porównanie wyników uzyskanych w kolejnych latach, pomimo szczególnie wysokiego wskaźnika inflacji w latach 1989 i 1990 (rys. 1), ponieważ wskaźnik inflacji był uwzględniony

Tablica 1

Zestawienie współczynników kosztów utrzymania (bez kosztów amortyzacji) elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w lokomotywowni Warszawa Grochów (dane PKP z lat 1987–1992)

Współczynnik kosztów		Rok					
		1987	1988	1989	1990	1991	1992
Napraw w ZNTK	WKzn	0,019	0,034	0,082	0,04	0,027	0,018
Utrzymania w lokomotywowni	WKmd	0,064	0,063	0,103	0,05	0,070	0,046
Utrzymania ogółem	Wko	0,083	0,097	0,185	0,09	0,097	0,064



Rys. 1. Współczynniki kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w Lokomotywowni Warszawa Grochów

zarówno w kosztach utrzymania pojazdów trakcyjnych, jak również w cenie pojazdów określonej dla kolejnych lat.

Prognoza współczynników kosztów elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 (dane z lat 1987–1992)

Zgodnie z przyjętą w pracy CNTK [9] metodą prognozowania współczynników kosztów WKi, w zależności od przebiegu między naprawami okresowymi wykonywanymi w zakładzie naprawczym, z wykorzystaniem programu komputerowego PRUPT, przedstawiono dla Zakładu Taboru Warszawa (MZ) zestawienia tabelaryczne i wykresy.

W tabelicy 2 podano zestawienie prognozowanych współczynników kosztów: bieżącego utrzymania lokomotyw w Zakładzie Taboru WKbu (bez kosztów amortyzacji), czyszczenia WKcz, napraw bieżących WKnb, przeglądów okresowych WKpo. Wykres wymienionych współczynników kosztów utrzymania zespołów serii EN57 w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi przedstawiono na rysunku 2.

W tabelicy 3 podano zestawienie prognozowanych współczynników kosztów napraw w zakładzie naprawczym, w tym: napraw rewizyjnych WKnr i napraw rezerwy obiegowej WKro zespołów i podzespołów zespołu trakcyjnego. Wykres wymienionych współczynników kosztów napraw zespołu serii EN57 w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi przedstawiono na rysunku 3.

W tabelicy 4 podano zestawienie prognozowanych współczynników kosztów: utrzymania lokomotyw w Zakładzie Taboru WKmz, napraw w ZNTK WKzn i kosztów ogółem WKo. Wykres wymienionych współczynników kosztów w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi przedstawiono na rysunku 4.

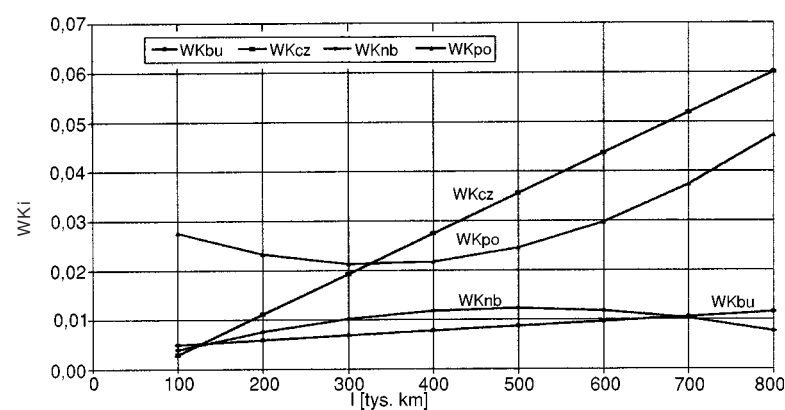
Wykresy wykonano w przedziałach dla 100–800 tys. km przebiegu między naprawami okresowymi ze względu na uzyskanie w 1989 r. średnich, rzeczywistych przebiegów wynoszących około 565 tys. km dla zespołów serii EN57 eksploatowanych w lokomotywowni Warszawa Grochów [9].

Prognozy współczynników kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 dla Zakładu Taboru Warszawa (na podstawie danych z lat 1987–1992) wskazują, że:

□ prognozowany, minimalny współczynnik kosztów utrzymania ogółem ($WKo \approx 0,0946$) zespołu przewidywany jest przy

Tablica 2
Zestawienie prognozowanych współczynników kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w MZ w zależności od przebiegu między naprawami okresowymi wykonywanymi w ZNTK – prognoza dla Zakładu Taboru Warszawa (dane z lat 1987–1992)

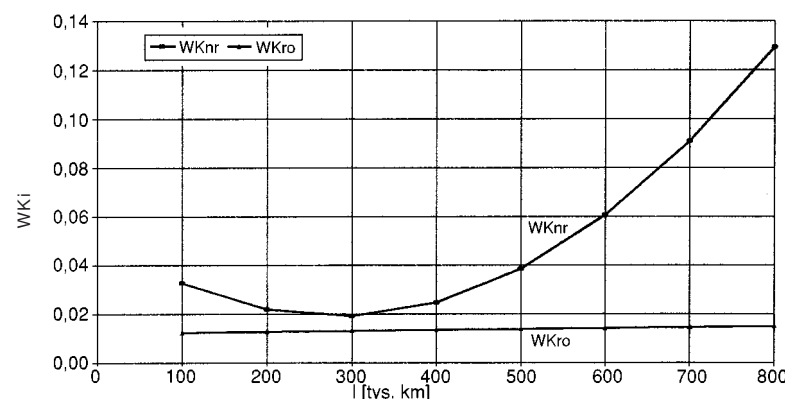
Współczynnik kosztów		Przebieg [tys. km]							
		100	200	300	400	500	600	700	800
Bieżącego utrzymania	WKbu	0,004974	0,005906	0,006838	0,007770	0,008702	0,009634	0,010566	0,011498
Czyszczenia	WKcz	0,002957	0,011112	0,019267	0,027422	0,035577	0,043732	0,051888	0,060043
Napraw bieżących	WKnb	0,003980	0,007610	0,010206	0,011768	0,012297	0,011791	0,010252	0,007679
Przeглядów okresowych	WKpo	0,027657	0,023290	0,021314	0,021728	0,024534	0,02973	0,037317	0,047295



Rys. 2. Prognozowane współczynniki kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi – prognoza dla Zakładu Taboru Warszawa (dane z lat 1987–1992)

Tablica 3
Zestawienie prognozowanych współczynników kosztów napraw elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w zależności od przebiegu między naprawami okresowymi wykonywanymi w ZNTK – prognoza dla Zakładu Taboru Warszawa (dane z lat 1987–1992)

Współczynnik kosztów napraw		Przebieg [tys. km]							
		100	200	300	400	500	600	700	800
Rewizyjnych	WKnr	0,032853	0,021935	0,019249	0,024798	0,038580	0,060595	0,090845	0,129327
Zespołów i podzespołów	WKro	0,012356	0,012735	0,013114	0,013493	0,013872	0,014252	0,014631	0,015010



Rys. 3. Współczynniki kosztów napraw elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w ZNTK w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi – prognoza dla Zakładu Taboru Warszawa (dane z lat 1987–1992)

średnich przebiegach między naprawami okresowymi wykonywanymi w zakładzie naprawczym wynoszącymi około 200 tys. km; współczynnik kosztów w przedziale 200÷300 tys. km jest zbliżony do minimalnego (rys. 4);

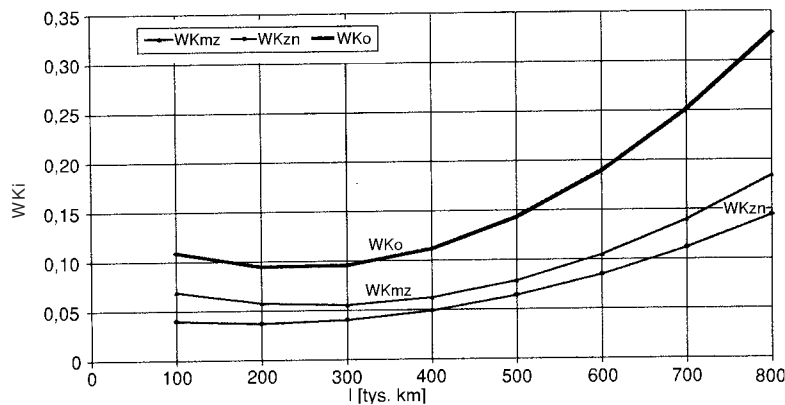
□ przy zwiększeniu średniego przebiegu między naprawami okresowymi w przedziałach 400÷800 tys. km należy przewidywać:

- zwiększenie współczynnika kosztów bieżącego utrzymania zespołu serii EN57 w zakładzie taboru (z 0,0078 do około 0,0115) – rysunek 2;
- zwiększenie współczynnika kosztów przeglądów okresowych zespołu (z 0,022 do około 0,047) – rysunek 2;
- zwiększenie współczynnika kosztów czyszczenia zespołu (rys. 2), co może być wytłumaczone raczej stosowaniem coraz nowszych i droższych środków do czyszczenia wagonów, a nie zależnością od przebiegów międzynaprawczych;
- zwiększenie współczynnika kosztów napraw rewizyjnych zespołu serii EN57 w zakładzie naprawczym (z 0,025 do około 0,129), co może być wytłumaczone większym zakresem robót dodatkowych wykonywanych w czasie napraw okresowych, przy wydłużonych przebiegach międzynaprawczych (rys. 3);
- wzrost współczynnika kosztów utrzymania ogółem w MZ i napraw w zakładzie naprawczym (z 0,1 do około 0,33).

Tablica 4

Zestawienie prognozowanych współczynników kosztów utrzymania w MZ i napraw w ZNTK elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w zależności od przebiegu między naprawami okresowymi wykonywanymi w ZNTK – prognoza dla Zakładu Taboru Warszawa (dane z lat 1987–1992)

Współczynnik kosztów	Przebieg [tys. km]							
	100	200	300	400	500	600	700	800
Utrzymania w zakł. taboru <i>WK_{mz}</i>	0,068939	0,057509	0,055370	0,062522	0,078966	0,104701	0,139728	0,184046
Napraw w ZNTK <i>WK_{zn}</i>	0,039993	0,037116	0,040161	0,049128	0,064018	0,084831	0,111566	0,144224
Ogółem <i>WK_o</i>	0,108932	0,094625	0,095531	0,111650	0,142984	0,189532	0,251294	0,328270

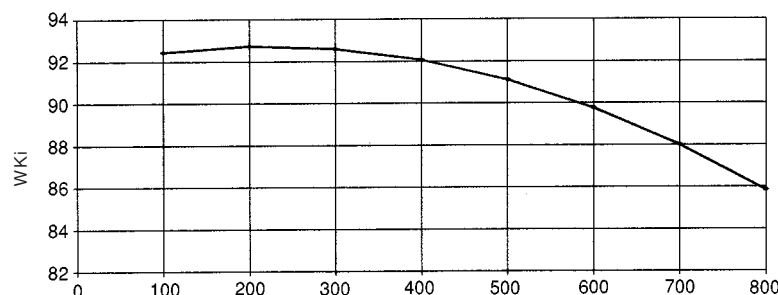


Rys. 4. Współczynniki kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w MZ i kosztów napraw w ZNTK w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi – prognoza dla Zakładu Taboru Warszawa (dane z lat 1987–1992)

Tablica 5

Zestawienie prognozowanego współczynnika gotowości technicznej elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w zależności od przebiegu między naprawami okresowymi wykonywanymi w ZNTK – prognoza dla Zakładu Taboru Warszawa (dane z lat 1987–1992)

Współczynnik	Przebieg [tys. km]								
	100	200	300	400	500	600	700	800	
Gotowości technicznej <i>Wgt</i>	[%]	92,44	92,73	92,60	92,07	91,13	89,78	88,02	85,86



Rys. 5. Współczynnik gotowości technicznej elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi – prognoza dla Zakładu Taboru Warszawa (dane z lat 1987–1992)

Prognoza współczynnika gotowości technicznej zespołów trakcyjnych serii EN57

W prognozie przedstawionej dla Zakładu Taboru Warszawa (na podstawie danych z lat 1987–1992) najwyższy współczynnik gotowości technicznej zespołów serii EN57 przewidywany jest przy przebiegu między naprawami okresowymi (rewizyjnymi) wykonywanymi w zakładzie naprawczym wynoszącymi średnio około 200 tys. km i wynosi 92,73% (tab. 5).

Współczynnik ten, w przedziałach przebiegu 200–400 tys. km, ulega niewielkim zmianom i wynosi w prognozie około 92,07% przy przebiegu 400 tys. km (rys. 5).

Należy zaznaczyć, że najniższy współczynnik kosztów utrzymania ogółem *WK_o* zespołów serii EN57 wynosi 0,064 przy rzeczywistych średnich przebiegach międzynaprawczych około 223 tys. km [9].

Przy wydłużonych przebiegach międzynaprawczych (400–800 tys. km) prognozowane jest zmniejszenie współczynnika gotowości technicznej, pomimo zmniejszenia czasu wyłączenia taboru z eksploatacji

w celu wykonywania napraw okresowych (rewizyjnych) zespołów.

Wynika to ze zwiększenia częstości wyłączeń zespołów na naprawy bieżące i wydłużenia czasu wyłączenia elektrycznych zespołów trakcyjnych z ruchu.

Prognoza przedstawiona na rysunku 5, gdzie podano wykres współczynnika gotowości technicznej zespołów w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi, wskazuje wraz z prognozą współczynnika kosztów utrzymania ogółem (rys. 4), na konieczność ograniczenia średnich przebiegów między naprawami okresowymi do około 300 tys. km do czasu przeprowadzenia w szerokim zakresie modernizacji w ramach napraw głównych z zastosowaniem np. wózków napędnych i tocznych nowej generacji typu 25 ANp.

Podsumowanie

Z przedstawionych w opracowaniu możliwości wykorzystania programu komputerowego PRUPT – opracowanego przez Autorów [6, 7] do potrzeb analiz i prognoz współczynników kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 – oraz współczynnika gotowości technicznej pojazdów, wynikają następujące wnioski.

□ Współczynniki kosztów utrzymania ezt serii EN 57, wyliczone zgodnie z metodą podaną w pracy CNTK, są porównywalne w kolejnych latach analiz kosztów dzięki uwzględnieniu wskaźnika inflacji zarówno w kosztach utrzymania, jak również w cenie lub wartości (netto) po odliczeniu amortyzacji zespołów trakcyjnych, wyliczonej z wykorzystaniem wskaźnika wzrostu cen środków transportu szynowego podawanych przez GUS [2].

□ Prognoza współczynnika gotowości technicznej zespołów serii EN57 (rys. 5), wskazuje na możliwość obniżenia współczynnika przy wydłużeniu przebiegów między naprawczymi powyżej 300 tys. km, z równoczesnym wzrostem współczynnika kosztów utrzymania ogółem (rys. 4). W związku z tym nie jest celowe dalsze wydłużanie przebiegów między naprawami okresowymi (rewizyjnymi).

□ Wpływ na wzrost współczynnika kosztów, przy równoczesnym zmniejszeniu współczynnika gotowości technicznej zespołów serii EN57, przy wydłużonych przebiegach między naprawczymi, mają następujące czynniki:

- wzrost współczynnika kosztów bieżącego utrzymania zespołów w zakładzie taboru;
- zwiększona częstotliwość napraw bieżących zespołów;
- zwiększenie współczynnika kosztów i pracochłonności przeglądów okresowych;
- zwiększenie współczynnika kosztów napraw rewizyjnych, pomimo zmniejszenia częstotliwości ich wykonywania.

Przedstawione możliwości wykonywania analiz ekonomicznych, z uwzględnieniem prognozowania współczynników kosztów utrzymania elektrycznych zespołów trakcyjnych serii EN57 oraz współczynnika gotowości technicznej, powinny być wykorzystane przede wszystkim przez zakłady taboru do proponowania zmian w cyklach naprawczych. Pozwoli to na podejmowanie decyzji, na podstawie prognoz obciążonych możliwie najmniejszym błędem, z uwzględnieniem wa-

runków lokalnych, konstrukcji i wieku pojazdów oraz intensywności ich użytkowania.

□

Literatura

- [1] Bartkowiak A.: *Podstawowe algorytmy statystyki matematycznej*. PWN, Warszawa 1979.
- [2] GUS. *Ceny w gospodarce narodowej w 1997 r.* Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa 1998.
- [3] Marciniak J.: *Eksploatacja kolejowych pojazdów szynowych*. WKiŁ. Warszawa 1990.
- [4] PKP DG. *Mt-32. Instrukcja o utrzymaniu normalnotorowych elektrycznych i spalinowych pojazdów trakcyjnych*. Warszawa 1996.
- [5] Ralston A.: *Wstęp do analizy numerycznej*. PWN, Warszawa 1971.
- [6] Rudowski M.: *PRUPT – program wspomagania analizy, optymalizacji i prognozowania kosztów utrzymania pojazdów trakcyjnych*. Instrukcja użytkownika. Praca CNTK nr 2162/22. Warszawa 1993.
- [7] Zaorski M., Rudowski M.: *Optymalizacja utrzymania i kosztów naprawy lokomotyw elektrycznych, spalinowych, elektrycznych zespołów trakcyjnych i rezerwy obiegowej w zależności od posiadanych środków finansowych*. Praca CNTK nr 2162/22. Warszawa 1993.
- [8] Zaorski M., Rudowski M.: *Optymalizacja utrzymania lokomotyw elektrycznych, spalinowych, elektrycznych zespołów trakcyjnych i rezerwy obiegowej PKP*. Prace CNTK zeszyt 110/94. Warszawa 1994.
- [9] Zaorski M., Marciniak J., Wolfram T.: *Metoda prognozowania współczynników kosztów utrzymania i gotowości technicznej elektrycznych pojazdów trakcyjnych w funkcji przebiegu między naprawami okresowymi wykonywanymi w ZNTK*. Praca CNTK nr 6745/21. Warszawa 1999.
- [10] Marciniak J., Wolfram T., Zaorski M.: *Optymalizacja przebiegów między naprawami okresowymi lokomotyw elektrycznych*. Technika Transportu Szynowego 11/1999.

Autorzy
prof. dr hab. inż. Józef Marciniak
– Politechnika Radomska, CNTK Warszawa
doc. mgr inż. Tadeusz Wolfram – CNTK Warszawa
dr inż. Marek Zaorski – CNTK Warszawa