

Józef MARCINIAK

AUTOBUSY SZYNOWE W PRZEWOZACH REGIONALNYCH

Streszczenie. Artykuł omawia właściwości i parametry eksploatacyjne autobusów szynowych produkowanych w Polsce w latach 2000-2004. Przedstawia porównawcze efekty ekonomiczne stosowania tych autobusów w przewozach regionalnych.

RAIL-BUSES IN REGIONAL TRANSPORTATION

Summary. This paper presents features and exploitation parameters of rail-buses made in Poland during 2000-2004 years. It also describes economical effects of using this type of buses in regional transportation.

1. WPROWADZENIE

Przewozy regionalne są segmentem Kolei powodującym jej największe zadłużenie. Zadłużenie to na koniec 2002 r. wynosiło około 1 mld 600 mln PLN [15], co stanowiło około 71,36 % całego zadłużenia PKP.

Dotychczasowe działania Zarządu Kolei, mające na celu oddłużenie lub zmniejszenie zadłużenia, sprowadzają się do poważnego ograniczenia relacji pociągów w ruchu regionalnym poprzez zamykanie linii kolejowych o małym natężeniu ruchu, czyli - jak twierdzi Zarząd Kolei – nieekonomicznych.

Dotychczasowe prowadzenie ruchu w przewozach regionalnych polegało na użytkowaniu elektrycznych trójwagonych zespołów trakcyjnych ezt EN57 lub EN71, bądź na zastosowaniu lokomotyw spalinowych SP42 lub SM32 ciągnących od jednego do czterech wagonów na trasach niezelektryfikowanych. Wymienione pociągi elektryczne lub spalinowe to pojazdy o dużej masie i dużych naciskach na oś wynoszących 160÷170 kN.

Efektom użytkowania standardowych składów było niszczenie (rozbijanie) torów, których stan techniczny był i jest niezadowalający, a także duże zużycie energii elektrycznej i oleju napędowego oraz degradacja środowiska naturalnego, przez wibracje, hałas i zanieczyszczenia ekologiczne. Prosty następstwem tego stanu rzeczy były i są duże nakłady finansowe na eksploatację pociągów regionalnych.

Wpływy gotówkowe dla Kolei z przewozu pasażerów w ruchu regionalnym sięgają ledwie 10% [15]. Ogólnie można więc powiedzieć, że zadłużenie to wynika z braku zbilansowania wpływów do ponoszonych kosztów. Zaistniałą sytuację można znacznie złagodzić stosując do przewozów regionalnych na liniach niezelektryfikowanych tabor bardziej nowoczesny, lekki i bardziej ekonomiczny, jakimi są autobusy szynowe.

2. WŁAŚCIWOŚCI AUTOBUSÓW SZYNOWYCH PRODUKOWANYCH NA ŚWIECIE I W KRAJU

Produkcją lekkich pojazdów trakcyjnych, jakimi są autobusy szynowe, zajmuje się wiele firm światowych [6]. Można tu wymienić: Siemens (Holandia), Adtranz (Niemcy), Bombardier/DWA (Niemcy), Wagonka Studenka (Republika Czeska), Fujii Hi (Japonia), Alstom (Niemcy), Goninan (Australia), DE Dietrich (Francja). Parametry autobusów szynowych firm zachodnich przedstawiono w tabelicy 1.

Rozwijane prędkości autobusów szynowych mieszczą się w granicach 90÷150 km/h, lecz najczęściej prędkość eksploatacyjna wynosi około 120 km/h.

Moce silników tych autobusów mieszczą się w przedziale 200÷2x380 kW. Liczba miejsc siedzących mieści się w granicach 36÷74. Największa moc jednostkowa autobusu wynosi 12,9 kW/t. Jednostkami napędowymi autobusów są silniki spalinowe z samoczynnym zapłonem, podpodłogowe – znanych firm: MAN Eurol, Volvo Euro I, MTn Euro I, MTN Eurol, Dentz, Man Euro II oraz Niigata DMF.

Autobusy szynowe produkowane w kraju pochodzą zasadniczo z trzech firm:

- ZNTK Poznań, gdzie produkowane są autobusy Regio Tramp 213M i Regio Tramp 215M,
- KOLZAM Racibórz, który produkuje autobusy typu 208M oraz SPA-66/AS-66,
- ZNTK Bydgoszcz, który produkuje autobusy typu 214M.

Porównawcze zestawienie parametrów autobusów produkcji krajowej przedstawiono w tabelicy 2.

Autobusy szynowe Regio Tramp 213M i 215M [13] to lekkie, nowoczesne niskopodłogowe pojazdy spalinowe przeznaczone do obsługi regionalnego ruchu osobowego na liniach normalnotorowych.

Szeroka paleta możliwości pojazdów jest realizowana przez modułowość wyposażenia dostosowanego do życzeń użytkownika.

Pojazdy te mogą się składać z jednego, dwu lub trzech członów połączonych sprzęgiem i mostkiem przejściowym, jak w pojeździe 214M, lub pojedynczego członu, jak w pojeździe 213M. Pojazdy te posiadają jedną z ważniejszych cech, a mianowicie możliwość samoczynnego rozstawienia kół z szerokości 1435 mm na 1520 mm.

Pojazdy te charakteryzują się niską ceną zakupu i niskimi kosztami eksploatacji – co w istocie podwyższa rentowność przewozów pasażerskich na liniach wyłączonych przez PKP z ruchu kolejowego.

Podstawowymi zaletami eksploatacyjnymi tych pojazdów są:

- redukcja emisji szkodliwych zanieczyszczeń przez zastosowanie silników wysokoprężnych według wymagań EURO2 [11],
- redukcja hałasu przez zastosowanie osłon, zwiększenie grubości podłogi, ze szczególnym uwzględnieniem izolacji cieplnej i akustycznej,
- niskie naciski na oś rzędu 140÷150 kN i małe rozbijanie torów,
- stosunkowo niewielkie zużycie energii przez zastosowanie lekkich materiałów użytkowych w budowie pojazdów,
- zmniejszone masy pojazdów przez lekką konstrukcję stalową, stosowanie silników spalinowych o małym zużyciu paliwa oraz wykorzystanie ciepła z układu chłodzenia silnika i przekładni do ogrzewania pojazdu,
- redukcja nakładów na przeglądy i obsługę przez zastosowanie podzespołów bezobsługowych mało zużywających się i nie wymagających stałego nadzoru,
- zastosowanie materiałów nieszkodliwych dla środowiska, np. rozpuszczalnych w wodzie materiałów malarskich,
- zastosowanie materiałów zdalnych do recyrkulacji, np. stal i części z tworzyw sztucznych.

Tablica 1

Parametry autobusów szynowych firm zachodnich

Lp.	Producent	Kraj użytkownika	Rok budowy	Tor [mm]	Prędkość eksploatacyjna [km/h]	Moc [kW]	Długość [mm]	Liczba miejsc siedzących / stojących	Moc na jednostkę masy [kW/t]	Uwagi
1.	SIEMENS	Holandia	1980	1435	120	2x320	26170			
2.	Adtranz	Niemcy	1990	1435	129	2x257	25500	53/13	12,9	Silnik MAN Euro I
3.	Bombardier/DWA	Niemcy	1990	1435	100	265	16540	53/13	11,5	Silnik Volvo Euro I
4.	Wagonka Studencka	Czechy	1990	1435	90	206	13250	36	11,1	Silnik Volvo Euro I
5.	Fujii HI	Japonia	1990	1067	110	296	20000	3x35	8,5	Silnik Niigata DMF
6.	Alstom	Niemcy	1992	1435	120	315	27260	60/13	7,7	Silnik MTU Euro I
7.	Goninan	Australia	1994	1600	135	2x231	25900	50	9,2	Silnik Bentz
8.	ABB	Australia	1994	1435	150	3x380	3x25250	3x34	7,0	Silnik Commins
9.	SIEMENS	Niemcy	1995	1435	100	2x228	24800	74/100	11,12	Silnik Euro II
10.	Alstom	Niemcy	1999	1435	120	2x257	28900	63/17	10,5	Silnik MAN Euro II
11.	De Dietrich	Francja	2000	1435	140	2x257	28900	63/17	10,5	Silnik MAN Euro II

Źródło:

Tablica 2

Parametry porównawcze autobusów produkcji krajowej

Typ	207M + 207 Mr	208	SDA-66/AS-66	207Ma+207Mra+207Mb	213	214 M
Producent	PZNTK Poznań	Kolzam Racibórz	Kolzam Racibórz	PZNTK Poznań	PZNTK Poznań	PESA Bydgoszcz
Liczba członów	1+2	2	1	3	1	1
Długość ze zderzakami	30920 mm	19200 mm	16500 mm	45940 mm	17000 mm ze sprzęgiem automatycznym	18000 mm
Moc własna	54000 kg	38800 kg	23200 kg	82000 kg	27500 kg	23520 kg
Moc silnika spalinowego	200 kW	157 kW	92/110 kW	2x200 kW	250 kW	250 kW
Rodzaj przekładni	Hydrauliczna	Hydromechaniczna	Mechaniczna	Hydrauliczna	Hydrokinetyczna	Hydrokinetyczna
Prędkość maksymalna	90 km/h	90 km/h	90 km/h	90 km/h	120 km/h	110 km/h
Liczba miejsc siedzących	96	60	66	136 + 4	38	60
Liczba miejsc stojących	140	68	74	196	52	70

Źródło: Opracowanie własne

3. UKŁADY NAPĘDOWE AUTOBUSÓW SZYNOWYCH

Układy napędowe autobusów szynowych składają się z [11]:

- silnika spalinowego,
- przekładni głównej hydraulicznej,
- wałów przegubowych przenoszących napęd z przekładni głównej na osie napędowe,
- przekładni osiowych jedno- lub dwustopniowych z nawrotnicą.

Układ napędowy autobusu 208M zrealizowano w oparciu o jednostkę napędową 6R183AA12H firmy MTU, spełniającą wymagania toksyczności spalin wg Euro I. Jest to silnik rzędowy o poziomym układzie cylindrów, umożliwiający podpodłogową zabudowę w połączeniu ze specjalnie dobraną skrzynią biegów oraz bezpośrednio przeniesienie napędu na dwie osie. Dane silnika napędowego autobusu 208M przedstawiono w tabelicy 3.

Układ napędowy autobusu 208M może się składać z dwu układów napędowych po jednym w każdym skrajnym członie (pojazd dwuczłonowy) lub jeden układ napędowy tylko w jednym skrajnym członie. Silniki znajdują się pod podłogą i napędzają oś wózków napędnych typu 6MN. Po nabytych doświadczeniach eksploatacyjnych opracowano trójczłonowy autobus 207:

- S.A. 102A/SA111/S.A. 102B posiadający dwa wagony napędne i jeden wagon doczepny. Jednostką napędową jest wysokoprężny silnik spalinowy firmy [12] KHD-Deutz typu BF6L513RC. Parametry silnika uwidoczniiono w tabelicy 3.
- Silnik BF6L513RC jest silnikiem sześciocylindrowym w układzie rzędowym pionowym cylindrów z doładowaniem turbosprężarką i chłodzeniem powietrznym.

Tabela 3

Parametry jednostek napędowych autobusów produkcji krajowej

Parametr/typ silnika	6R183AA12II autobus 208M	KHD-Deutz BF6L513RC
Maksymalna moc przy obrotach	157 kW przy 2200 obr/min	200 kW przy 2300 obr/min
Maksymalny moment	750 Nm przy 1300 obr/min	100 Nm przy 2000 obr/min
Liczba cylindrów	6	6
Pojemność cylindra	11,96 dcm ³	9,5 dm ³
Stopień sprężenia	18:1	15,8:1
Srednica cylindra/skok tłoka	Ø 128/155 mm	Ø 125/130 mm
Srednia prędkość tłoka	11,4 m/s	
Obroty rozruchu	120 obr/min	
Moc rozrusznika (Bosch)	5,4 kW	
Masa rozrusznika	16 kg	
Jednostkowe zużycie paliwa	209 g/kWh	209 g/kWh
Napięcie zasilania	24 V	24 V
Obroty biegu jałowego	600 obr/min	600 obr /min
Pojemność układu chłodzenia	15 dm ³	
Pojemność miski olejowej	21 dm ³	
Masa silnika	785 kg	895 kg
Wskaźnik masowy	5,0 kg/kW	
Przebieg	1 mln km	
Okres pracy do naprawy głównej	20000 h	ok. 22
Jednostkowe zużycie oleju	190 kg/kW	
Gabaryty (dł. x szer. x wys.)		1390 x 830 x 1036

Źródło: Opracowanie własne

Wybrane parametry autobusów szynowych przedstawiono na przykładzie autobusu 208 M. Autobus typu 208M w nomenklaturze zakładowej [1] jest autobusem III generacji i wyróżnia się wygodą podróżowania (łatwość wsiadania i wysiadania), modułowością budowy, niską podłogą, diagnostyką pokładową, klimatyzacją kabin, zamkniętymi układami

WC. W autobusach III generacji w całej części pasażerskiej obniżono podłogę, a w części środkowej wysokość ta wynosi 575+600 mm [1].

Zespoły napędowe zamontowano na niezależnej ramie nośnej, co znacznie ułatwia procesy obsługi i utrzymania. Autobusy wyposażone są w podpodłogowe zintegrowane zespoły napędowe Power Pack.

Autobusy te cechują się [1]:

- niskimi kosztami zakupu i eksploatacji, co przyczynia się do podwyższenia rentowności przewozów pasażerskich na liniach lokalnych i regionalnych,
- dostosowaniem do wsiadania pasażerów zarówno z wysokich peronów, jak i niskich, tj. z poziomu główki szyny (drzwi odskokowo-przesuwne),
- dostosowaniem do różnej wielkości przewozów dzięki wykorzystaniu budowy modułowej i jazdy wielokrotnej,
- możliwością wykorzystania do ruchu transgranicznego i regionalnego na liniach drugorzędnych i liniach w terenie górskim i podgórskim,
- dużymi pochyleńmi nadwozia i małymi łukami torów,
- przystosowaniem do przewozu pasażerów niepełnosprawnych (wsiadania, wysiadania),
- wydzielonymi przestrzeniami do przewozu większych bagaży i rowerów,
- ergonomicznymi fotelami wykonanymi w technice „wandaloodpornej”,
- ekologicznymi (zamkniętymi) kabinami WC przystosowanymi do obsługi pasażerów niepełnosprawnych,
- nowoczesnym hydromechanicznym napędem podpodłogowym,
- nowoczesnym ekologicznym silnikiem spalinowym spełniającym normę EURO II,
- wyposażeniem w komputer pokładowy umożliwiający sterowanie układem napędowym i diagnostykę pokładową.

Dane techniczne autobusu [1]:

Wersja autobusu Szynowego	Jednoczłonowy 211M	Dwuczłonowy 212M	Trójczłonowy 210M
Skrajnia kinematyczna autobusu szynowego		UJC 505-1	
Szerokość toru		1435 mm	
Prędkość max.		110km/h (120km/h)	
Najmniejszy promień łuku		150 m	
Układ osi autobusu	A+1	(A+1)(1+A)	(A+1)(1+1)(1+A)
Wagon toczny 31Anb	1 szt	2 szt	4 szt
Usprężynowanie			
I stopień	sprężyny	metalowo-gumowe	typu klinowego
II stopień		sprężyny śrubowe	
Pojemność zbiornika paliwa		380 dm ³	
Całkowita długość pojazdu bez zderzaków	14645 mm	26810 mm	38400 mm
Szerokość pojazdu		2910 mm	
Wysokość podłogi niskiej/wysokiej		575÷600/1090	
Liczba miejsc ^{x)}			
całkowita ok.	90	170÷180	258÷270
siedzących	42	70	114
w tym składanych	6	9	9
stojących	48	100	150

Masa autobusu ok.	~23,3 t	~45 t	~60 t
Układ napędowy autobusu		silnik wysokoprężny	
Typ silnika	RABAD10UTSLL (190-235kW)	RABAD10UTSLL 2x(190-235kW)	RABAD10UTSLL 2x(190-235kW)
Skrzynia biegów	przekładnia hydromechaniczna VOJTH(DIWA864.3)		
Przekładnia główna	przekładnia osiowa nawrotna GDB(Ganz-David-Brown)		
Ogrzewanie	wodne-podgrzewacz spalinowy (HYDRONIC 30□Eberspacher)		
Wentylacja	z wykorzystaniem układu chłodzenia silnika spalinowego		
Smarowanie obrzeży kół	naturalne oraz wymuszone poprzez wentylatory dachowe		
Piasecznice	aplikatory ze smarem suchym		
Napięcie instalacji elektrycznej 24VDC	na każdym wózku napędnym		
Rodzaj trakcji ^{xx)}			
jednokrotna/wielokrotna			
Kabina WC-ekologiczna	(1)	1	1
Zużycie paliwa ^{xxx)}	ok.	ok.	ok.
	22 litrów/100 km	40 litrów/100 km	52 litrów/100 km

^{xx)} liczba miejsc bazuje na przedstawionych konfiguracjach wnętrza poszczególnych wersji autobusu (na życzenie użytkownika zużycie miejsc i wyposażenie wnętrza mogą ulec zmianie)

^{xxx)} wg wymogów użytkownika

^{xxx)} zużycie paliwa określono na podstawie rzeczywistego zużycia paliwa (na wybranej trasie)

4. SZACUNKOWA ANALIZA KOSZTÓW EKSPLOATACJI AUTOBUSU SZYNOWEGO

Analiza uwzględnia następujące założenia: szacowane są koszty przewozu ok. 40 pasażerów na odległość $l = 100$ km przy użyciu lokomotywy SP42 ciągnącej jeden wagon typu 134 oraz przewóz 40 pasażerów z wykorzystaniem autobusu szynowego 207 - przedstawia to załączona analiza.

Koszt zatrudnienia lokomotywy i wagonu

Lokomotywa:

Moc lok. SP42 $P=588,2$ kW [7]

Trasa $l = 100$ km

Czas jazdy $t = 2$ h

Jednostkowe zużycie paliwa $p = 224,4$ [g/kWh]

Zużycie energii $E = 2 \cdot 588,2 = 1176,4$ kWh

zużycie paliwa $P = 224,4 \cdot 1176,4 = 263984,16$ g ≈ 264 kg

Przeliczenie paliwa na litry 1 kg paliwa $\approx 1,3$ litra

$P = 264 \cdot 1,3 = 343,2$ l

Cena 1 litra oleju napędowego 2,7 zł.

Koszt paliwa

$K_p = 343,2 \times 2,7 = 926,64$ zł

Koszt użytkowania lokomotywy K_1 .

Przyjęto, że jedna doba pracy lokomotywy kosztuje 4000 zł, czyli za 2 h pracy koszt

K_1 wyniesie: $K_1 = \frac{4000 \cdot 2}{24} = 333,33$ zł.

W wagonie ciągnionym przez lokomotywę zatrudniono konduktora do obsługi pasażerów, średnia pensja konduktora 2000 zł/m-c dla 200 h/m-c. Koszt pracy konduktora przez 2h (jazda pociągu) wynosi: $K_2 = \frac{2000 \cdot 2}{200} = 20$ zł.

Przyjęto, że 1 doba pracy wagonu pasażerskiego typu 134 wynosi 2000 zł. Koszt użytkowania wagonu:

$$K_3 = \frac{2000 \cdot 2}{24} = 166,66 \text{ zł.}$$

Koszt zużycia innych materiałów eksploatacyjnych $K_4 = 50$ zł przyjęto szacunkowo (olej smarny do obrzeży, olej smarowania silnika, piasek, woda chłodząca). Sumaryczny koszt przejazdu 100 km (lokomotywa i jeden wagon):

$$K = \sum K_i = 926,64 + 333 + 20 + 166,66 + 50 + 1496,30 \text{ zł.}$$

Porównanie kosztów dla obu wariantów przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4

Porównanie kosztów przejazdu 100 km lokomotywą ciągnącą jeden wagon i autobusem szynowym

Wyszczególnienie kosztów	Lokomotywa spalinowa i wagon	Autobus szynowy
Zużycie paliwa [zł]	926,64	294,3
Koszt użytkowania K_1 [zł] lokomotywy/autobusu szynowego	333	125
Koszt pracy konduktora K_2 [zł]	20	-
Koszt użytkowania wagonu K_3 [zł]	166,66	-
Koszt materiałów eksploatacyjnych K_4 [zł]	50	25
Razem koszty	1496,30	444,3

Koszt zatrudnienia autobusu 207 szynowego

Moc silnika $P=200$ kW

Trasa $l = 100$ km

Czas jazdy $t = 2$ h

Jednostkowe zużycie paliwa $p = 209$ g/kWh

Zużycie energii $E = 2 \cdot 200 = 400$ kWh

Zużycie paliwa $P = 209 \cdot 400 = 83600$ g = 83,6 kg

Paliwo przeliczono na litry

$P = 83,6 \times 1,3 = 108,68 \approx 109$ l.

Koszt paliwa

1 l oleju napędowego kosztuje 2,7 zł/l.

$K_p = 109 \times 2,7 = 294,3$ zł.

Koszt użytkowania autobusu szynowego.

Przyjęto, że jedna doba pracy autobusu szynowego kosztuje 1500 zł czyli za 2 h pracy

$$K_1 = \frac{1500 \cdot 2}{24} = 125 \text{ zł.}$$

Konduktora w autobusie brak. Materiały eksploatacyjne $K_4 = 25$ zł.

Sumaryczny koszt przejazdu 100 km autobusu szynowego.

$$K = \sum K_i = 294,3 + 125 + 25 = 444,30 \text{ zł.}$$

Stosunek kosztów lokomotywy i autobusu szynowego:

$$k = 1496,30/444,30 = 3,96$$

5. ZAKOŃCZENIE

Przedstawione w artykule cechy i właściwości autobusów szynowych wykazują zdecydowaną ich przewagę nad układem standardowym – lokomotywa i ciągniony wagon (wagony). Łatwość dostosowania autobusu do aktualnych potrzeb przewozowych poważnie obniża koszty eksploatacyjne.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że porównanie kosztów przewozu osób na odległość 100 km lokomotywą i jednym wagonem wypada zdecydowanie korzystniej dla autobusu szynowego.

Koszty eksploatacyjne z zastosowaniem lokomotywy i wagonu są ponad trzykrotnie większe (a ten stosunek wynosi 1:3,36) niż przy autobusie szynowym.

Literatura

1. Autobusy szynowe III generacji produkcji KOLZAM S.A. Materiały ofertowe Zakładów Kolzam SA.
2. Bolewski S., Kowalczyk E.: Lokomotywy spalinowe serii SM42, WKiŁ, Warszawa 1971.
3. Gronowicz J.: Obniżenie zużycia energii w transporcie. Prace Naukowe Politechniki Radomskiej 3/96.
4. Janiak M., Kalinowski A.: Normalnotorowe wagony PKP, WKiŁ, Warszawa 1974.
5. Kowalski E.: Wagony i lokomotywy spalinowe, WKiŁ, Warszawa 1962.
6. Marciniak J.: Parametry i właściwości użytkowe lekkich autobusów szynowych produkowanych w Polsce, Prace naukowe „Transport” Nr 1(17)/2003 Konferencja Naukowo-Techniczna.
7. Marciniak J.: Eksploatacja kolejowych pojazdów szynowych, WKiŁ, Warszawa 1990.
8. Marciniak J.: Kolejowe pojazdy szynowe nowych generacji, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 1998.
9. Marciniak J.: Eksploatacja kolejowych pojazdów szynowych nowych generacji, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 1999.
10. Marciniak J.: Pokładowe urządzenia diagnostyki technicznej i technika komputerowa kolejowych pojazdów szynowych, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2001.
11. Marciniak Z.: Modułowa konstrukcja wieloczlonowych autobusów szynowych dla ruchu lokalnego, Pojazdy Szynowe 2/2003.
12. Grzechowiak R., Marciniak Z., Siennicki A.: Wybór układu biegowego i napędowego dla krajowego autobusu szynowego, Pojazdy Szynowe 4/2003.
13. Pojazd szynowy REGIO TRAMP I typu 213M, Poznańskie Zakłady Naprawcze Taboru kolejowego Spółka Akcyjna, Poznań 2002.
14. Pojazd szynowy REGIO TRAMP I typu 215MM, Poznańskie Zakłady Naprawcze Taboru kolejowego Spółka Akcyjna, Poznań 2002.
15. Ranking 500 największych polskich firm. Dodatek do nr 18 – Polityka 3 maja 2003.

Abstract

This paper presents features and exploitation parameters of rail-buses made in Poland during 2000-2004 years. It also describes economical effects of using this type of buses in regional transportation.