

## Modernizacja wózków typu 5B/6B do elektrycznych zespołów trakcyjnych EN-57 i EN-71

*Artykuł poświęcony jest zagadnieniom związanym z modernizacją układu biegowego wózków typu 5B/6B stosowanych w elektrycznych zespołach trakcyjnych EN – 57 i EN - 71. Przedstawiono w nim cele i zakres modernizacji, wyniki badań i spodziewane efekty.*

### 1. WSTĘP

Elektryczne zespoły trakcyjne EN-57 i EN-71 były produkowane w długich seriach przez wiele lat bez znaczących zmian konstrukcyjnych i technicznych. Zespoły te są przestarzałe pod względem konstrukcyjnym i nie zapewniają wymaganego standardu usług transportowych.

Układ biegowy stanowi jeden z podstawowych zespołów, które winny być zmodernizowane.

Wobec niezadowalających trwałości i właściwości biegowych e.z.t. podejmowane były próby poprawienia tego stanu.

Proponowano do tych jednostek:

- wózki z usprężynowaniem pneumatycznym,
- wózki z nową ramą, nowym usprężynowaniem pierwotnym i wahaczowym prowadzeniem maźnic.

Propozycje te okazały się jednak zbyt drogie dla użytkownika i dlatego nie wprowadzono ich do produkcji seryjnej.

Dla zminimalizowania kosztów i jednocześnie poprawy stanu technicznego, powstały wspólne propozycje Instytutu Pojazdów Szynowych Poznań i Zakładów Naprawczych Taboru Kolejowego Mińsk Mazowiecki dotyczące modernizacji tylko węzła maźnicznego z usprężynowaniem I stopnia i prowadzeniem zestawu kołowego. IPS Poznań podjął się wykonania dokumentacji konstrukcyjnej modernizacji, przeprowadzenia prób i badań stanowiskowych i ruchowych, a ZNTK Mińsk Mazowiecki – wykonania zmodernizowanych wózków do badań stanowiskowych i zabudowy pod e.z.t.

### 2. KONCEPCJA MODERNIZACJI

- Jako bazę zamierzenia przyjęto działania zmierzające do:
- poprawy jakości biegu, pogarszającej się w miarę wzrostu zużycia elementów układu biegowego,
  - eliminacji awaryjności układu biegowego, wynikającej z widłowego prowadzenia maźnic.

Na podstawie analiz przyjęto realizację zadania poprzez zastosowanie sprężyn stożkowych gumowo-metalowych w usprężynowaniu I stopnia i bezłuzowego prowadzenia zestawów kołowych.

W ramach koncepcji dokonano:

- wstępnego wyboru katalogowych elementów metalowo-gumowych,
- oceny możliwości eliminacji podciągów i zwór,
- oceny wytrzymałości osi zestawów kołowych ze względu na przesunięcie punktu przyłożenia sił,

- oceny wytrzymałości prowadzenia maźnicy.

Koncepcja [1] potwierdziła realność modernizacji w ograniczonym zakresie oraz pozwoliła określić zakres zmian.

### 3. PROJEKT TECHNICZNY

Do realizacji projektu technicznego dobrano sprężyny stożkowe gumowo-metalowe produkowane seryjnie przez firmę ContiTech Niemcy (nr katalogowy 230 303B) dla pojazdów szynowych.

Określenie sztywności pionowej Cz pozwoliło na zastosowanie tych samych elementów do wózków 5B (tocznych) i 6B (napędnych). Natomiast sztywność poprzeczna Cy mogłaby być nieznacznie mniejsza, szczególnie dla eksploatacji w terenie o dużej ilości małych luków.

Przy modernizacji e.z.t. dla produkcji seryjnej istnieje możliwość optymalizacji sztywności Cy.

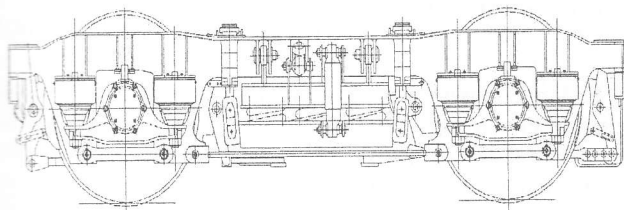
Zabudowa sprężyn stożkowych gumowo-metalowych spełniających funkcje usprężynowania I stopnia i prowadzenia zestawów kołowych wymagała zastosowania maźnic skrzydełkowych i wprowadzenia zmian w ramie wózka.

Wynikiem w/w modernizacji było uzyskanie bezłuzowego prowadzenia zestawów kołowych w ramie wózka, a tym samym eliminacja usprężynowania I stopnia za pośrednictwem resoru piórowego i prowadzenia widłowego.

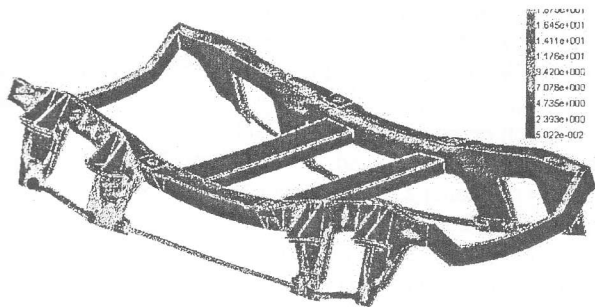
Do badań prototypu zastosowano maźnicę w wersji spawanej, natomiast dla produkcji seryjnej zaprojektowano korpus odlewany. Zestaw kołowy pozostawiono bez zmian. W projektowaniu zmian konstrukcyjnych w maźnicy i ramie wózka oparto się na metodzie elementów skończonych (MES) [4], natomiast dynamikę pojazdu sprawdzono metodą symulacji komputerowej [10].

Zmodernizowane wózki toczne typu 5B otrzymały numer rysunku RL-4780 [2], a wózki napędne typu 6B – numer rysunku RL-4781 [3].

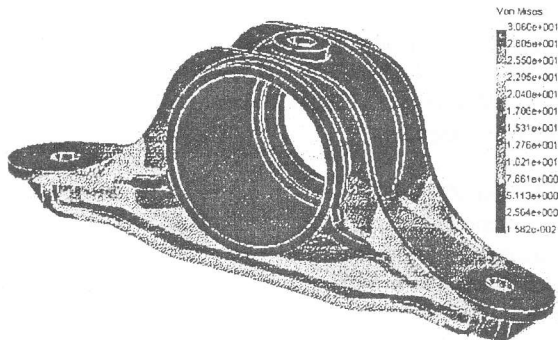
Rozwiązanie konstrukcyjne zmodernizowanego wózka typu 6B przedstawiono na rys. 1, a na rys. 2 i rys. 3, przedstawiono fragmenty obliczeń modelu MES.



Rys.1. Zmodernizowany wózek typu 6B.



Rys.2. Rama wózka 5B. Obciążenia zmęczeniowe.



Rys.3. Korpus maźnicy spawany. Obciążenia zmęczeniowe.

#### 4. WYKONANIE MODERNIZACJI WÓZKÓW

##### Wykonanie zmian w ramie

Dostosowanie ramy wózka do zabudowy sprężyn metalowo-gumowych sprowadzało się do odcięcia zbędnych elementów: wsporników, odbijaków resora, przewodników wideł maźniczych, a następnie przyspawania nowych wsporników i odbijaków. Ostateczna obróbka po spawaniu wykonana była na wiertarko-frezarce promieniowej. Ponieważ sprężyny metalowo-gumowe swymi gabarytami kolidowały z widłami maźniczymi, w widłach przewidziane zostały wycięcia materiału, a osłabienie konstrukcji zostało wzmocnione wykonaniem dodatkowej konstrukcji kieszeniowej od strony wewnętrznej wideł. Do wykonania nowych elementów spawanych zastosowano stal 18G2A. W trakcie wykonywania modernizacji ramy oraz po zakończeniu wykonano szereg pomiarów kontrolnych na płycie traserskiej.

W badanych wózkach, w celu obniżenia kosztów wykonania prototypu, wykorzystano stare korpusy maźnicze, do których przyspawana została skrzynkowa konstrukcja oparcia sprężyn oraz uzebrowanie wzmacniające. W celu minimalizacji odkształceń spawalniczych, spawanie odbywało się przy użyciu specjalnego oprzyrządowania, wraz

z którym korpusy maźnicze poddano obróbce cieplnej – wyżarzaniu odprężającemu w atmosferze obojętnej. Powstała w miejscu spawania zebra owalizacja otworu została usunięta przez szlifowanie. Ostatnią operacją po spawaniu i obróbce maźnic było sprawdzenie jakości spoin metodą ultradźwiękową.

Zaprojektowana i przebadana nowa maźnica przewidziana do seryjnej produkcji w wersji odlewanej posiada typowe łożyska wagonowe NJ 2324 w miejsce dotychczasowych NJ 2326 i NU 2326.

Po kompletnym zmontowaniu wózków wykonano regulację układu usprężynowania I stopnia, przez zastosowanie podkładek pod sprężyny metalowo-gumowe, w celu uzyskania właściwych nacisków kół na szynę oraz prawidłowego wymiaru odległości pomiędzy maźnicą i odbijakiem.

Wykonano po 2 sztuki wózków zmodernizowanych typu 5B i 6B.

##### Ocena technologiczności modernizacji

Pod względem technologicznym wykonanie modernizacji wózków nie stwarza większych problemów. W trakcie wykonania prototypu, wykonana została również większość niezbędnego oprzyrządowania, a zdobyte doświadczenie pozwoliło na zoptymalizowanie procesu technologicznego.

##### Ocena kosztów modernizacji

Na koszt modernizacji składają się koszty:

- zakupu sprężyn metalowo-gumowych,
- zakupu nowych maźnic,
- wykonania nowych wsporników i innych elementów przyspawanych do ramy,
- dostosowania ramy.

W przypadku wykonywania modernizacji w ramach naprawy głównej, od poniesionych kosztów modernizacji można odjąć koszt wymiany nakładek i wkładów maźniczych, regeneracji maźnic, wykonania wzmocnień naroży wideł maźniczych oraz część kosztów wynikających z zakresu prac wykonywanych normalnie w ramach naprawy głównej.

Nie bez znaczenia jest odzysk elementów takich jak sprężyny i wieszaki maźnicze, które mogą być wykorzystane przy naprawach innych pojazdów. Z uwagi na zastosowanie w modernizacji typowych łożysk, które są znacznie tańsze od łożysk obecnie stosowanych, przy naprawie głównej ez, gdzie wymieniane są wszystkie łożyska na nowe, koszt modernizacji pomniejsza się o różnicę ceny łożysk. Biorąc powyższe pod uwagę, cena modernizacji jednego wózka w ramach naprawy głównej wyniesie około 22 000 zł., natomiast w ramach naprawy rewizyjnej cena ta wyniesie około 31 000 zł.

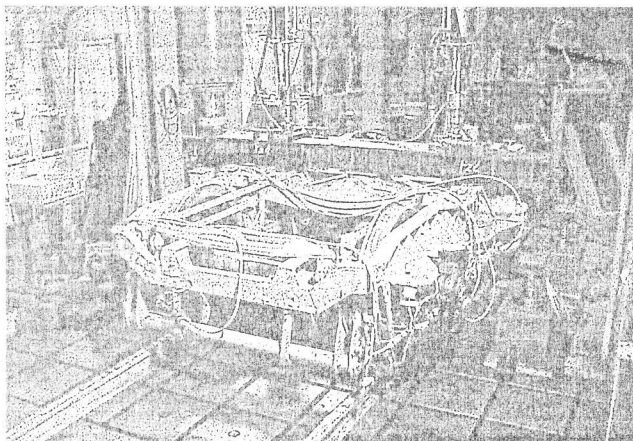
#### 5. BADANIA STANOWISKOWE

Kompletny, zmodernizowany wózek typu 6B poddano badaniom statycznym na stanowisku w Instytucie Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu, według opracowanego programu [5]. Przeprowadzono badania statyczne wózka w oparciu o wymagania UIC 615-4 [15] dla obciążeń występujących w eksploatacji i dla obciążeń nadzwyczajnych, powstających w wyniku nakładania się obciążeń maksymalnych. Na dwóch korpusach maźnic w wersji spawanej dokonano pomiarów naprężeń pod

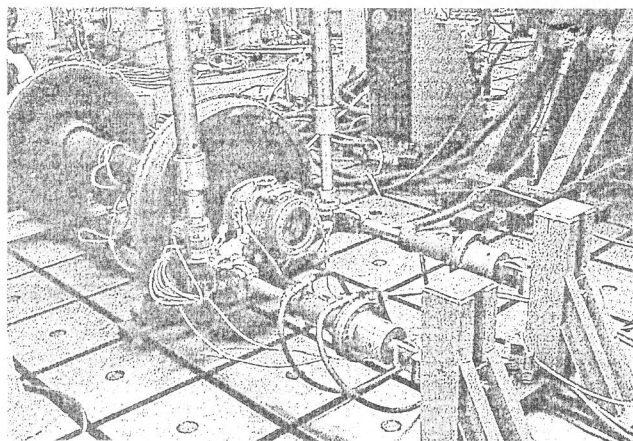
obciążeniem statycznym. Korpus w wersji odlewanej poddano badaniom statycznym w trakcie odrębnych badań stanowiskowych samego korpusu.

Na fot. 1 przedstawiono zmodernizowany wózek 6B na stanowisku badawczym, a na fot. 2 korpus maźnicy odlewany podczas pomiarów tensometrycznych.

Wyniki badań wykazały dostateczną wytrzymałość ramy wózka i korpusów maźnic [6, 7].



Fot.1. Fotografia zmodernizowanego wózka 6B na stanowisku badawczym.



Fot.2. Fotografia korpusu maźnicy podczas pomiarów tensometrycznych.

## 6. BADANIA RUCHOWE

W celu potwierdzenia prawidłowości rozwiązania węzła usprężynowania I stopnia i prowadzenia zestawów kołowych przeprowadzono według opracowanego programu [5] ruchowe badania porównawcze na e.z.t. EN-71-015 złożonym z czterech wagonów [(5B + 6B) wózki zmodernizowane + (6B+5B) wózki niezmodernizowane]. Badania przeprowadzono na trasie pomiędzy stacjami Mrozy-Siedlce-Mrozy na szlaku Warszawa-Terespol.

Stwierdzono, że wagony wyposażone w zmodernizowane wózki spełniają zalecenia odnośnie do:

- bezpieczeństwa jazdy i spokojności biegu według UIC 518 [12],
- stabilności jazdy według UIC 515-0 [14],
- wskaźnika spokojności biegu Wz według UIC 515-0 [14],

- komfortu jazdy pasażerów według UIC 513 [14],
- oddziaływania drgań na obsługę według PN-90/K-11001 [11].

Badania powyższe potwierdziły, że zamierzony cel modernizacji został osiągnięty i tak np. wężykowanie wózków zmodernizowanych znacząco zmalało w stosunku do niezmodernizowanych [8, 9]. Pozytywne wyniki badań stanowiły podstawę do uzyskania dopuszczenia zmodernizowanych e.z.t. do ruchu na liniach PKP.

## 7. EKSPLOATACJA OBSERWOWANA

Elektryczny zespół trakcyjny En71-015 przekazano do eksploatacji obserwowanej dnia 19 lipca 2002 r. Małopolskiemu Zakładowi Przewozów Regionalnych, Sekcji Utrzymania Taboru w Suchoj Beskidzkiej w ramach normalnych przewozów pasażerskich.

Eksploatacja była prowadzona na linii Kraków-Zakopane należącej do jednej z trudniejszych tras na PKP i zakończono ją dnia 7 stycznia 2003 r. przeglądem PD z wynikiem pozytywnym. W czasie eksploatacji stwierdzono spokojny bieg wagonów zmodernizowanych w stosunku do wagonów z wózkami niezmodernizowanymi. Natomiast zużycia obrzeży zestawów kołowych wózków zmodernizowanych i niezmodernizowanych były porównywalne. Komisja biorąca udział w zakończeniu eksploatacji obserwowanej zaleciła modernizację pozostałych dwóch członów EN-71-015. Obecnie e.z.t. EN-71-015 eksploatowany jest na trasie Kraków – Zakopane – Kraków w ramach normalnych przewozów pasażerskich.

## 8. ZAKOŃCZENIE

Zaprezentowana modernizacja EN 71-015 potwierdziła prawidłowość przyjętej koncepcji modernizacji. Przy niskich nakładach uzyskano wózek o lepszych parametrach biegowych i uproszczonej konstrukcji przez co poprawiono komfort podróżowania i obniżono koszty eksploatacji. Modernizację tę można łatwo wprowadzić podczas napraw e.z.t., nie naruszając pozostałej struktury zespołu. Z prowadzonych prac wynika, że drogą kolejnych dalszych niedrogich przedsięwzięć można uzyskać dodatkową poprawę komfortu podróżowania np. przez optymalizację usprężynowania i tłumienia II stopnia.

## Literatura

- [1] OR-8269 Koncepcja modernizacji I-go stopnia usprężynowania jednostki EN-57 (5B - 6 B). IPS, Poznań, styczeń 2000 r.
- [2] RL-4780 Zestawienie wózka (5B) IPS, Poznań, maj 2001 r.
- [3] RL-4781 Zestawienie wózka (6B) IPS, Poznań, maj 2001 r.
- [4] OR-8302d *Dodatkowe obliczenie wytrzymałościowe ramy i maźnicy wózka typu 5B (metoda MES)*. IPS, Poznań, kwiecień 2001 r.
- [5] OB-380 Program prób badań elektrycznego zespołu trakcyjnego EN-71 za zmodernizowanym I stopniem usprężynowania wózków. IPS, Poznań, maj 2001 r.
- [6] RP-0082 *Raport z badań: Statyczne badania wytrzymałościowe ramy i maźnic zmodernizowanego wózka typu 6B zespołu trakcyjnego EN-71*. IPS, Poznań, czerwiec 2001 r.

- [7] RP-0089 Raport z badań: Statyczne badania wytrzymałościowe maźnic w wersji odlewanej zmodernizowanego wózka typu 6B zespołu trakcyjnego EN-71. IPS, Poznań, lipiec 2002 r.
- [8] SB-2191 Sprawozdanie. Badania dynamiczne zespołu trakcyjnego. Analiza i ocena wyników. IPS. Poznań, lipiec 2002 r.
- [9] SB-2192 Sprawozdanie. Ocena bezpieczeństwa jazdy elektrycznego zespołu trakcyjnego za zmodernizowanymi wózkami po wchrowatym torze. IPS. Poznań, lipiec 2002 r.
- [10] OR-8417 Symulacja komputerowa jazdy wagonów sterowniczego (5B) i napędnego (6B) elektrycznego zespołu trakcyjnego (e.z.t.) EN-57 przed i po modernizacji usprężynowania I-go stopnia IPS. Poznań, czerwiec 2001 r.
- [11] PN-90/K-11001 Ochrona pracy. Kabina maszynisty lokomotywy elektrycznej dwukabinowej. Podstawowe wymagania bezpieczeństwa pracy i ergonomii.
- [12] UIC 518 wyd. 2 Badania i homologacja pojazdów kolejowych z punktu widzenia właściwości dynamicznych bezpieczeństwa jazdy, obciążenia toru i parametrów biegowych Utrecht, 01.10.1999 r.
- [13] UIC 513 Wytyczne oceny komfortu pasażera w pojazdach kolejowych pod względem oddziaływania drgań. Wyd. 01.07.1994 r.
- [14] UIC 515-0 wyd. 2 Wagony pasażerskie. Układy biegowe. Utrecht 01.01.1984 r.
- [15] UIC 615-4 VE Pojazdy trakcyjne. Wózki i układy biegowe. Badania wytrzymałości struktur ram wózków. I wydanie z 01.01.1994 r.