

Sławomir Mikstein, Sławomir Wójcik

# Zmiany konstrukcyjne podwozia lokomotyw serii ET22 dokonywane przez PKP CARGO S.A. i ich wpływ na poprawę bezpieczeństwa jazdy

*Podwozia lokomotyw serii ET22 były na przestrzeni lat poddawane wielu zmianom konstrukcyjnym, które miały na celu głównie spełnianie kryteriów bezpieczeństwa ruchu kolejowego oraz ograniczenie zużycia obręczy zestawów kołowych i szyn. Było to szczególnie istotne w czasie wprowadzenia w latach 70. bardziej liberalnych norm w zakresie wchrowatości toru kolejowego (obowiązujących w Europie). Wprowadzone przez PKP (a później Spółkę PKP CARGO S.A.) zmiany konstrukcyjne w podwoziu lokomotyw serii ET22 oraz w przepisach dotyczących jej bieżącego utrzymania spowodowały, iż obecnie prawidłowo utrzymywane lokomotywy PKP CARGO S.A. spełniają „z nadlatkiem” kryteria bezpieczeństwa ruchu kolejowego określone w raporcie nr 8 Komitetu Badań ORE B55.*

Artykuł powstał na bazie badań i opracowań wykonanych przez Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu oraz Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa w Warszawie (w szczególności wydanych w latach 2004–2006).

Szybkie postępy elektryfikacji linii kolejowych w latach 50. i 60. XX w. oraz coraz większe potrzeby przewozowe wymusiły konieczność opracowania nowej lokomotywy. Dotychczas stosowane lokomotywy elektryczne serii ET21 dysponowały zbyt małą siłą pociągową, aby prowadzić ciężkie pociągi towarowe, a wykorzystywanie ich w podwójnej trakcji powodowało braki taborowe. Ogólne założenia konstrukcyjne lokomotywy ET22 opracowano w latach 1965–1966 w Centralnym Biurze Konstrukcyjnym Przemysłu Taboru Kolejowego w Poznaniu, a pierwsze prototypy wyprodukowano w Paławagu w 1969 r. Produkcja seryjna lokomotyw ruszyła w 1971 r. Kolejne egzemplarze różniły się zewnętrznie między innymi układem okien i żaluzji w ścianach bocznych oraz kształtem obudowy reflektorów.

## Cechy konstrukcyjne podwozi lokomotyw serii ET22

W konstrukcji lokomotywy ET22 zastosowano wiele elementów stosowanych w elektrowozach serii EU07 – przede wszystkim silniki trakcyjne. Pudło zostało podparte belką bujawkową z elementami metalowo-gumowymi (w początkowej serii 122 lokomotyw). Tego typu rozwiązanie okazało się dosyć nietrafnym. Lokomotywy miały skłonność do wykołowania oraz charakteryzowały się dużymi drganiem pudła. Modernizacja podparcia pudła w tych lokomotywach była wykonywana systematycznie w trakcie napraw okresowych, między innymi zmieniono konstrukcję głównie poprzez

likwidację dźwigni. Od dłuższego czasu Spółka PKP CARGO S.A. nie dysponuje już tego typu lokomotywami.

W 1973 r. na bazie lokomotywy ET22 skonstruowano prototypowy egzemplarz lokomotywy EP23 (typ 201Ea-53) o prędkości konstrukcyjnej 160 km/h (po kilku latach prototyp został przebudowany na standardową lokomotywę serii ET22 i nadano jej nr 121 – obecnie jest trwale wycofana z eksploatacji). W 1978 r. zbudowano dwa prototypy (201Ec-1 i 201Ec-2) ze zmodyfikowanym podparciem pudła, gniazdami sterowania wielokrotnego, przystosowaniem do zabudowy sprzęgu samoczynnego i innymi drobnymi usprawnieniami. Początkowo otrzymały one numery 501 i 502, następnie 701 i 702 oraz kolejno 1001 i 1002 (obecnie trwale wycofane z eksploatacji oczekują na likwidację). Wykonano także serię 24 szt. lokomotyw dla kolei marokańskich (201Eg). Kilka z tych lokomotyw zostało sprowadzonych z Maroka przez prywatnego, polskiego przewoźnika.

W 2004/2005 dokonano znacznej modernizacji jednej z lokomotyw serii ET22 w Zakładach Naprawczych Lokomotyw Elektrycznych w Gliwicach – nadając jej oznaczenie ET22-2000. Po pozytywnym zakończeniu eksploatacji próbnej, planowana jest w Spółce PKP CARGO S.A. modernizacja według wymienionego projektu kolejnych 49 szt. lokomotyw serii ET22.

W toku eksploatacji i kolejnych napraw okresowych lokomotywy poddawane były różnym modyfikacjom, ulepszeniom i zmianom konstrukcyjnym, między innymi w celu polepszenia stopnia ich zabezpieczenia przed wykołowaniem – szczególnie na łukach torowych i tokach zwrotnych rozjazdów o małych promieniach.

Istotny wpływ na poprawę bezpieczeństwa ruchu kolejowego miały następujące modernizacje lokomotyw serii ET22:

- wprowadzenie na wszystkich lokomotywach do podparcia pudła na wózkach podpór metalowo-gumowych typu Z502;
- wprowadzenie na dwóch lokomotywach prototypowych rozwiązań podparcia pudła na wózkach – w postaci podwójnych podpór metalowo-gumowych Z502 (ze względu na niestabilność w prowadzeniu pudła lokomotywy w stosunku do wózków – rozwiązanie to zostało w krótkim czasie wycofane);
- zastąpienie podpór metalowo-gumowych Z502 podporami Z502a – macymi podwójny stos gumowy, przedzielony metalową przekładką;
- zamontowanie sprzęgów międzywózkowych typu dyszlowego;
- zastosowanie urządzeń służących do olejowego smarowania obrzeży zestawów kołowych.

Wszystkie obecnie eksploatowane przez PKP CARGO S.A. lokomotywy serii ET22 mają podpory metalowo-gumowe typu

Z502a. Jednocześnie 101 lokomotyw ma zamontowane sprzęgi międzywózkowe oraz urządzenia do smarowania obrzeży zestawów kołowych.

Bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu tych lokomotyw miały również dokonane zmiany w ich systemie utrzymania – w tym zwłaszcza wprowadzenie do bieżącego utrzymania konieczności wykonywania za pomocą wag tensometrycznych pomiarów i regulacji rozkładów nacisków poszczególnych kół na główkę szyny (w początkowym okresie eksploatacji lokomotyw brak regulacji tych parametrów powodował w pewnych sytuacjach pojawianie się znacznych, ponadnormatywnych odciążeń w naciśkach, co miało bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu).

Kryteria oceny bezpieczeństwa jazdy pojazdów szynowych nie uległy zmianie od wielu lat. W latach 70. za podstawowe kryterium uznawano iloraz rzeczywisty sił  $Y/Q$  (tj. siły poprzecznej do siły nacisku każdego z kół zestawu kołowego), którego wartość dla profili kół o kącie pochylenia obrzeża  $70^\circ$ , nie powinna przekraczać wartości 1,2. Badania takie wykonuje się podczas jazdy po łuku o małym promieniu  $R = 150$  m i torze zwichrowanym zgodnie z raportem Komitetu Badań ORE B55. Kryterium to następnie wprowadzono do karty UIC-518, która dzisiaj jest obowiązującym przepisem w całej Europie. W karcie tej wprowadzono dodatkowo również kryterium bezpieczeństwa jazdy na łukach o promieniach większych od 300 m i na odcinkach prostych. Kryterium to jest następujące:

$$Y/Q < 0,8$$

Od wprowadzenia lokomotyw ET22 do eksploatacji instytut naukowy i techniczny wykonał wiele prac badawczych oraz przeprowadzał analizy obliczeniowe i badania doświadczalne dotyczące oddziaływania na tor spełniania kryteriów bezpieczeństwa. Opracowania badań dotyczyły lokomotyw serii ET22 o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych. Niekorzystne wnioski z tych opracowań są (wskutek braku wiedzy lub z pełną premedytacją) przytaczane przez wiele osób, traktujących te badania wprost do lokomotyw serii ET22 obecnie eksploatowanych przez PKP CARGO S.A.

## Badania rozwiązań konstrukcyjnych

Pierwsze prace miały na celu wykonanie i zbadanie sprzęgu międzywózkowego. W badaniach skoncentrowano się na sprawdzeniu wytrzymałości konstrukcji zarówno sprzęgu, jak i ram wózków. Aby wprowadzić sprzęgi do eksploatacji, konieczne było sprawdzenie efektywności jego działania. Prace teoretyczne, wykonane przez OBRPS w Poznaniu, poszerzyły wiedzę na temat wpływu parametrów konstrukcyjnych (sztywności, sił tarcia, tłumienia, geometrii) na wielkości obciążeń pionowych kół na torach zwichrowanych i sił prowadzących na łukach torowych. Posłużyły one do późniejszych zmian w konstrukcji zawieszenia drugiego stopnia (tj. pierwotnie pojedynczych podpór metalowo-gumowych Z502) na:

- dwie szeregowo połączone podpory Z502, a następnie (gdy okazało się, że rozwiązanie z podwójnymi podporami Z502 jest zbyt niestabilne),
- pojedyncze podpory Z502a.

W CNTK Warszawa przeprowadzono również wiele badań lokomotyw serii ET22 z nowymi podporami gumowo-metalowymi jednoprzekładkowymi Z502a. Zastosowanie tych podpór ograniczyło wiele niekorzystnych zjawisk dynamicznych, występujących

w lokomotywach. Momenty oporowe wózków względem pudła zmniejszyły się 1,45–2,85-krotnie w porównaniu z momentami lokomotyw wyposażonych w nowe i używane podpory Z502, ponadto sztywności obrotowe wózków z podporami Z502a uległy prawie 3-krotnemu zmniejszeniu w stosunku do rozwiązania z wykorzystaniem podpór Z502. Wprowadzenie sprzęgów międzywózkowych jeszcze bardziej poprawiło wyniki badań lokomotyw, powodując znaczne zmniejszenie sił prowadzących, a co za tym idzie również zmniejszenie zużycia obrzeży kół i szyn na łukach torowych.

W celu podsumowania dokonanych modernizacji lokomotyw serii ET22 przez PKP CARGO S.A. – w 2004 r. Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu wykonał pracę dotyczącą bezpieczeństwa przeciw wykołowaniu się lokomotyw („Analiza symulacyjna bezpieczeństwa przed wykołowaniem lokomotywy ET22 (201E)” – OR 8685). W ramach opracowania poddano szczegółowej analizie lokomotywy serii ET22 o następujących rozwiązaniach konstrukcyjnych:

- z podporami metalowo-gumowymi Z502a (bez sprzęgu międzywózkowego oraz urządzenia do smarowania obrzeży zestawów kołowych),
- z podporami metalowo-gumowymi Z502a, ze sprzęgiem międzywózkowym (bez urządzenia do smarowania obrzeży zestawów kołowych),
- z podporami metalowo-gumowymi Z502a, ze sprzęgiem międzywózkowym i urządzeniem do smarowania obrzeży zestawów kołowych.

W ramach wymienionej analizy Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu stwierdził jednoznacznie, że wszystkie eksploatowane przez PKP CARGO S.A. lokomotywy serii ET22 spełniają kryteria bezpieczeństwa ruchu kolejowego – niezależnie od faktu wyposażenia w sprzęg międzywózkowy oraz urządzenia do smarowania obrzeży zestawów kołowych. Warunkiem jest oczywiście pozostawanie tych lokomotyw w stanie technicznym, odpowiadającym warunkom określonym w Dokumentacji Techniczno-Ruchowej (w innych przypadkach lokomotywa musi być poddawana indywidualnym badaniom – w celu określenia spełniania wymienionych kryteriów). Opcjonalne wyposażenie lokomotywy serii ET22 w sprzęg międzywózkowy lub urządzenia służące do smarowania obrzeży zestawów kołowych skutkuje zwiększeniem różnicy  $Y_{rz}/Q_{rz}$  w stosunku do wartości dopuszczalnej.

Jednocześnie wyniki dokonanej analizy wspomnianego opracowania, w ramach stateczności ruchu lokomotywy (drżania wężykowania) wykazały, że do prędkości ok. 130 km/h lokomotywa z całą pewnością jedzie stabilnie. W drodze symulacji komputerowej obliczono współczynniki kotłowania lokomotywy – są one zgodne z obliczeniami wykonanymi podczas projektowania lokomotywy, potwierdzonymi na stanowisku badawczym w trakcie jej odbiorów. Analiza spokojności jazdy wykazała nie najlepsze wyniki przyspieszeń na nadwoziu, a co za tym idzie wskaźniki komfortu dla obsługi, jednakże leżą one w przedziale wartości dopuszczalnych.

Wnioski Instytutu Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu w pełni potwierdziły badania stanowiskowe, wykonane w 2004 r. w Centrum Naukowo-Technicznym Kolejnictwa w Warszawie, w ramach opracowania nr 4093/21 *Jednoznaczne określenie kwestii spełniania kryteriów bezpieczeństwa jazdy (podanych w ORE B55 RP8) przez lokomotywy serii ET22 wyposażone wy-*

łącznie w podpory metalowo-gumowe typu Z502a oraz wpływu powyższego na ewentualną podatność na wykojenie lokomotyw tej serii.

W ramach wymienionego opracowania poddano pełnym badaniom stanowiskowym (zgodnym z ORE B55 RP8) kilka wybranych z eksploatacji lokomotyw.

Opracowanie w pełni potwierdziło, że lokomotywy PKP CARGO S.A. serii ET22 wyposażone wyłącznie w podpory metalowo-gumowe typu Z502a (tj. bez sprzęgu międzywózkowego oraz urządzeń do smarowania obrzeży zestawów kołowych) i prawidłowo utrzymywane (tj. zgodnie z obowiązującym w PKP CARGO S.A. systemem utrzymania) spełniają kryteria bezpieczeństwa ruchu kolejowego, zawarte w Raporcie nr 8 Komitetu Badań ORE B55.

Wspomnieć należy także, że dla lokomotyw o podobnym sposobie podparcia pudła (tj. serie SU45 i SU46) także na przestrzeni lat wykonywanych było wiele prac badawczych. Podsumowaniem tych prac było wykonane w 2006 r. przez Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu opracowanie *Określenie spełnienia przez lokomotywy serii SU45 i SU46 wyposażone w gumowo-metalowe podparcia pudła Z502 i Z502a kryteriów bezpieczeństwa przed wykojeniem na torach kolejowych zgodnie z Raportem nr 8 Komitetu Badań ORE B55 – OR9002*. W ramach opracowania wykonano zarówno badania analityczne, jak również stanowiskowe (tj. wykonywane na torze pomiarowym, spełniającym uwarunkowania zawarte w ORE B55 RP8) – na kilku wybranych losowo z eksploatacji lokomotywach serii SU45 i SU46. Wyniki opracowania wykazały, że lokomotywy wymienionych serii, eksploatowane przez PKP CARGO S.A., również spełniają kryteria bezpieczeństwa ruchu kolejowego (niezależnie od wyposażenia w podpory Z502 lub Z502a). Jednocześnie lokomotywy serii SU45 z podparciami gumowymi pudła Z502a mają lepsze o kilka punktów procentowych wskaźniki  $Y/Q$  w porównaniu z lokomotywami z podporami Z502. Podobnie sytuacja przedstawiać się będzie w przypadku lokomotyw serii SU46 (obecnie lokomotywy te mają zamontowane podpory metalowo-gumowe Z502).

Konieczność ograniczenia kosztów eksploatacyjnych oraz zwiększenia niezawodności pojazdów trakcyjnych wymuszają na PKP CARGO S.A. prowadzenie gruntownej modernizacji eksploatowanego taboru, w wyniku tego, w latach 2004–2005 w Zakładach Naprawczych Lokomotyw Elektrycznych w Gliwicach dokonano wspomnianej wcześniej modernizacji lokomotywy ET22-315 i nadano jej oznaczenie ET22-2000. Lokomotywa ta ma nową konstrukcję układów usprężynowania: indywidualne usprężynowanie każdego zestawu kołowego w wózku oraz oparcie pudła na wózkach za pomocą wielkogabarytowych sprężyn zwojowych typu „flexicoil”. Do regulacji i wyrównania nacisków zestawów kołowych podczas jazdy zastosowano układ hydrauliczny. Zbudowano nowoczesne maźnice zestawów kołowych, wyposażone w bezobsługowe łożyska, na których zamontowano czujniki prędkości i temperatury. Zastosowano także układ smarowania obrzeży kół, który ma zwiększyć żywotność obręczy i zdecydowanie zmniejszyć boczne zużycie szyn. Oprócz poprawy wielu parametrów trakcyjnych i eksploatacyjnych – w lokomotywie tej znacznie zmniejszono również rzeczywisty wskaźnik bezpieczeństwa  $Y/Q$  (którego wartość jest porównywalna z wieloma lokomotywami 4-osioowymi).

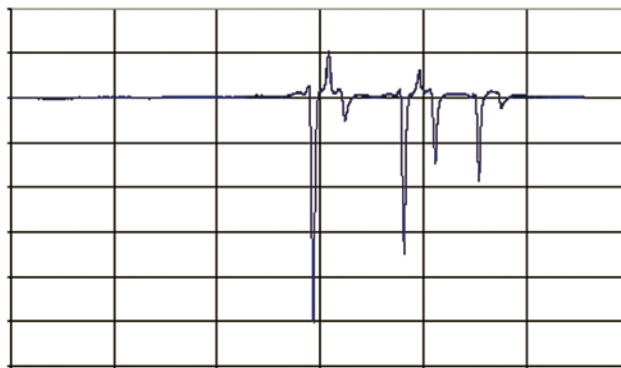
Podsumowując, wszystkie obecnie eksploatowane przez PKP CARGO S.A. i prawidłowo utrzymywane lokomotywy serii ET22,



Fot. 1. Lokomotywa ET22-334 podczas pomiarów wykonywanych przez CNTK Warszawa w Zakładzie Taboru w Krakowie – na stanowisku TENSAN



Fot. 2. Lokomotywa ET22-334 podczas pomiarów wykonywanych przez CNTK Warszawa na torze tensometrycznym spełniającym uwarunkowania określone w ORE B55 RP8 oraz lokomotywa SM03 spełniająca rolę lokomotywy napędowej (badania wykonywane w CNTK Warszawa)



Fot. 3. Przykładowy wykres wielkości sił  $Y$  pochodzących od lokomotywy ET22, zmierzonych na łuku tensometrycznym.

SU45 i SU46 spełniają kryteria bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Tym samym nie ma żadnego uzasadnienia wprowadzania jakiegokolwiek ograniczenia ruchu tych lokomotyw po torach kolejowych. Jedyne możliwe sytuacje, powodujące wprowadzenie ograniczeń, związane są ze złym stanem technicznym toru. Zwraca się jednak uwagę, że w takiej sytuacji zarządca infrastruktury powinien każdorazowo rekompensować przewoźnikowi między innymi koszty związane z wyprowadzeniem lokomotyw o niższych parametrach trakcyjnych, czy też koszty dodatkowego, zwiększonego zużycia energii i paliwa trakcyjnego.

□