

Tadeusz Uhl, Dariusz Długaszek, Adam Szromek, Ireneusz Łuczak

# Wytrzymałość pudła tramwaju 105N po wprowadzeniu znacznych modyfikacji struktury

*Tramwaj typu 105N/805N jest pojazdem znanym w Polsce od 1973 r. Jest to wagon jednoczłonowy, wysokopodłogowy, który może być eksploatowany również w jeździe ukrotnionej. W kolejnych latach produkcji przeszedł on wiele modernizacji konstrukcyjnych i technologicznych, które miały na celu m.in. poprawę funkcjonalności, zmniejszenie kosztów produkcji, zwiększenie komfortu. Do 1988 r. był on produkowany głównie jako typ 105N i 105Na oraz 805Na w wersji na tor szerokości 1000 mm.*

Szczególnie intensywny rozwój tramwaj ten przechodził od 1993 r. Wykaz poszczególnych wersji tramwaju 105N/805N przedstawiono w tablicy 1.

Mimo, iż zmiany w konstrukcji w ciągu prawie 30 lat produkcji było bardzo liczne, to jednak nie zmieniano zasadniczo pudła pojazdu. Ingerencja w strukturę nośną jest przedsięwzięciem bardzo poważnym i wymaga dokładnej analizy wytrzymałości konstrukcji. W latach siedemdziesiątych obliczenia wytrzymałościowe tramwaju 105N wykonywano metodami mechaniki klasycznej, przy zastosowaniu ówczesnych maszyn cyfrowych typu „Mińsk” i specjalnych programów obliczeniowych ułatwiających żmudne przeliczenia matematyczne. Obecnie obliczenia wytrzymałości konstrukcji przeprowadza się z zastosowaniem najnowszych technik modelowania i obliczania, dzięki którym uzyskuje się dokładniejsze wyniki w krótszym czasie. Komputerowa analiza z zastosowaniem metody elementów skończonych pozwala na zoptymalizowanie pudła tramwaju pod względem wytrzymałościowym oraz skrócenie fazy projektowania konstrukcji tramwaju.

## Projekt 105N2k/2000 – założenia i ograniczenia

W 2000 r. Alstom Konstal podjął projekt 105N2k/2000, który utworzyłby nową generację znanych tramwajów 105N. Głównym celem była zmiana wyglądu zewnętrznego oraz unowocześnienie całego pojazdu. Celem było także zwiększenie niezawodności, zmniejszenie kosztów obsługi serwisowej oraz podniesienie ogólnej jakości pojazdu. Konstruktorzy zostali postawieni przed wieloma złożonymi zadaniami, których sposób rozwiązania musiał być zgodny z wymaganiami klienta.

W części skrajnej nadwozia celem było dostosowanie pudła do łatwego montażu ścian czołowych wykonanych z tworzywa sztucznego (laminatu). Materiał ten pozwala na tworzenie elementów o bardziej plastycznych kształtach niż w przypadku stosowania stali. Wygląd zewnętrzny mógłby być wówczas dostosowywany do indywidualnych wymagań klientów. Szczególnie ważne było utrzymanie wysokiego poziomu bezpieczeństwa pracy motorniczego, z uwzględnieniem przypadku zderzenia.

W tym celu konieczne było wprowadzenie znacznych modyfikacji struktury, polegających m.in. na „otwarciu pudła”, pozbywając go dotychczasowych, stalowych ścian czołowych, które stanowiły element usztywniający. Przy czym założeniem było, aby nadwozie zachowało dotychczasową wytrzymałość i sztywność w każdym przypadku obciążenia.

Celowe było także wyposażenie ściany czołowej w elastyczny zderzak, który potrafiłby przejąć energię zderzenia podczas dojeżdżania do wagonu poprzedzającego. Dowolne ukształtowanie ściany czołowej było ograniczone wreszcie przez wymaganie możliwości zastosowania dotychczasowego, stosowanego powszechnie zblocza z hakami do dwupunktowego podnoszenia tramwajów typu 105N.

Możliwość wprowadzenia większych modyfikacji struktury została ograniczona przez wymagania postawione przez użytkowników, m.in. zachowanie dotychczasowych okien i drzwi, pozostawienie kanału kablowego w podłodze, zachowanie dotychczasowych parametrów oraz gabarytów pudła i tramwaju. Oczekiwania te wynikały z dążenia klientów do ograniczenia różnorodności części zamiennych dla posiadanego taboru tramwajowego.

Przede wszystkim jednak wymagane było zapewnienie odpowiedniej trwałości i wytrzymałości, z uwzględnieniem szczególnych przypadków eksploatacyjnych, np. jednostronne podnoszenie tramwaju z wózkiem odpowiadające sytuacji wkolejania pojazdu. Pomimo tych ograniczeń podwozie zostało zmodernizowane m.in. poprzez usunięcie tzw. beleczek podłogi, których wykonanie było bardzo pracochłonne i kosztowne.

Dokonujący się stale postęp techniczny oraz konieczność sprostania wymogom zmniejszenia kosztów produkcji, m.in. poprzez zredukowanie pracochłonności montażu, umożliwiły wdrożenie doskonalszych technik montażu pudła. Alstom Konstal rozwinął w tym celu technologię nazywaną interlocking, która polega na dokładnym kształtowaniu elementów poprzez precyzyjne cięcie laserowe oraz gięcie blach, które po obróbce plastycznej uzyskują wybrane kształty umożliwiające połączenie z pozostałymi elementami bez konieczności wykonywania dużej liczby spoin.

Tablica 1

## Liczba wyprodukowanych tramwajów rodziny 105N/805N do 2000 r.

Typ	Lata produkcji	Liczba
105N	1973–1979	1014
105Na/805Na	1979–1992	2142
105Nt	1985 i 1989	13
805Ns	1989–1990	10
106Na	1985–1992	13
105Nb	1992–1993	14
111N	1993	6
105Ne	1993	18
105Ng	1993	2
805Nb	1993–1994	6
105Np	1994	2
105Nb/e	1994	6
105Nf	1994–1996	44
105Nm	1996–1997	14
105Nz	1997	2
105N1k	1995	2
105N2k	1995–2000	60
Razem		3368

W ten sposób ograniczono ilość ciepła wprowadzanego do konstrukcji, które mogłyby spowodować nadmierną falistość poszycia tramwaju. Rozwiązanie to także powoduje, że konstrukcja może być lżejsza przy zachowaniu tej samej sztywności i wytrzymałości. Technologia ta sprawdziła się w tramwaju 116Nd-Katowice i celowe było wdrożenie jej do nowego tramwaju 105N2k/2000 przy zastosowaniu blach ze stali nierdzewnej.

Kolejnym ważnym wyzwaniem, przed którym stanęli projektanci tramwaju 105N2k/2000, było skonstruowanie od podstaw nowoczesnego stanowiska motorniczego. Celem było ergonomiczne rozmieszczenie urządzeń oraz zapewnienie komfortu pracy motorniczemu. Wymagane było zaprojektowanie pulpitu nowej generacji z zespołem szafek, ręcznym zadajnikiem jazdy, a także wprowadzenie klimatyzacji. Podczas projektowania postanowiono poprawić widoczność dla motorniczego z prawej strony pojazdu.

W opracowaniu zewnętrznego kształtu tramwaju uczestniczyła doświadczona zewnętrzna firma wzornictwa przemysłowego NCArt. We wstępnej fazie projektowania pojazdu wykonano kilkanaście różnych, trójwymiarowych (3D) komputerowych modeli ściany czołowej. W celu zweryfikowania ergonomii rozmieszczenia podzespołów stanowiska motorniczego wykonano także rzeczywisty model ściany czołowej i kompletnej kabiny motorniczego w skali 1:1. Model ten był opiniowany przez przyszłych użytkowników tramwaju.

## Badania i analizy

### Cel badań

Założenia i ograniczenia, przyjęte w początkowej fazie projektu 105N2k/2000, uwzględniono podczas badań i analizy konstrukcji tramwaju. Jego struktura nośna poddawana jest w czasie eksploatacji obciążeniom zarówno statycznym, jak i dynamicznym. Ze względu na obciążenia statyczne, elementy konstrukcji tramwaju obliczane są z uwzględnieniem maksymalnego obciążenia pasażerami, jak również badane są przypadki awaryjne, np. podnoszenie tramwaju. Szczególnie niebezpieczne dla konstrukcji są obciążenia dynamiczne. Mogą one prowadzić do przekroczenia wytrzymałości doraźnej, ale przede wszystkim prowadzą do zmęzeniowego zużycia konstrukcji poprzez kumulację naprężeń zmęczeniowych oraz powstawanie i zwiększanie pęknięć, a w końcu zniszczenie konstrukcji. Są to zjawiska niekorzystne, powodu-

jące uszkodzenia, a w konsekwencji generują nieplanowane przestoje remontowe oraz często znaczne koszty.

Dostępne narzędzia komputerowego wspomaganie projektowania umożliwiają symulacyjną analizę opisanych zjawisk, jak również przewidywanie przebiegu tych zjawisk dla konstrukcji po wprowadzeniu pewnych modyfikacji. Przebieg procedury symulacji, jaka obecnie stosowana jest w projektach tramwajów i innych pojazdów szynowych, przedstawiono schematycznie na rysunku 1.

W celu oceny wytrzymałości, bezpieczeństwa oraz trwałości konstrukcji utworzono model elementów skończonych, zbudowany z elementów dyskretnych trzywęzłowych (TRI) i czterowęzłowych (QUAD) oraz brytowych ośmiowęzłowych typu HEX8. Siatka MES składała się z ponad 50 tys. elementów, przy czym została zagęszczona w miejscach zwiększonych naprężeń. Na drodze symulacji komputerowych wyznaczono wartości odkształceń i naprężeń oraz zlokalizowano miejsca krytyczne konstrukcji. Przeprowadzone symulacje obejmowały ocenę zgodności z kartą UIC 515, analizę warunków eksploatacji oraz badania trwałości.



Rys. 2. Model elementów skończonych podłogi tramwaju 105N2k/2000

### Analiza statyczna

Model elementów skończonych (rys. 2) poddany został kilku próbom wytrzymałościowym, tj. próbie:

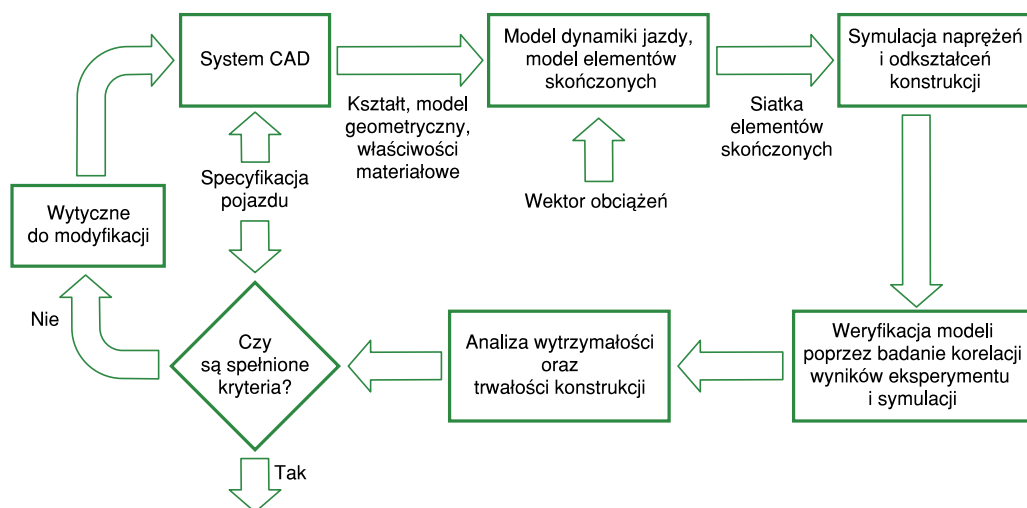
- ściskania siłą 200 kN;
- rozciągania 100 kN;
- eksploatacyjnej, obejmującej symulację maksymalnego wypełnienia pasażerami, przy założeniu dodatkowych 50% nadwyżek dynamicznych pionowych oraz 25% przeciążeń bocznych (rys. 3);

– eksploatacyjnej – wkolejania tramwaju z zamontowanym wózkiem napędowym, tj. jednostronne podnoszenie tramwaju „za nos”;

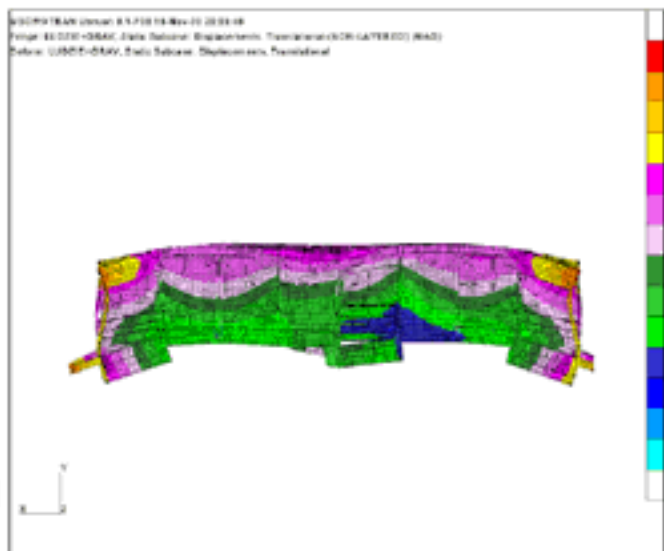
- dwustronnego podnoszenia podłogi.

W żadnej z tych prób nie zanotowano przekroczenia granicy plastyczności.

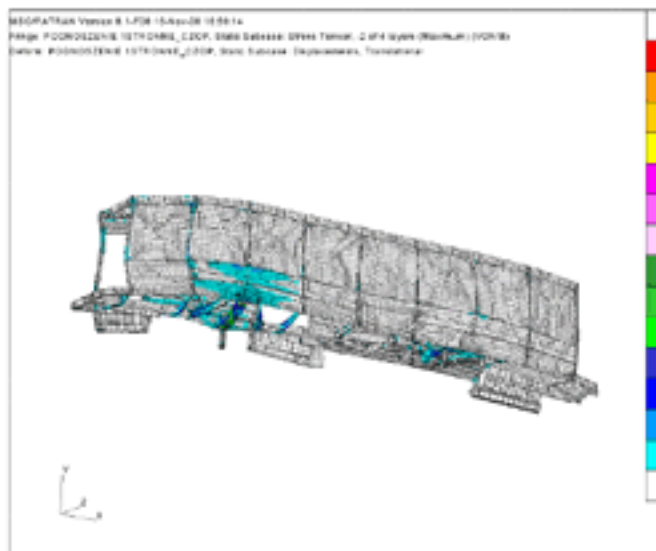
W wyniku analiz wyznaczono miejsca krytyczne w typowych węzłach dla tego typu konstrukcji, tj. okolicach otworów drzwiowych, czopów skrzytu oraz belce grzbietowej. Obliczano wartości



Rys. 1. Schemat zastosowanego podejścia do projektowania konstrukcji tramwaju



Rys. 3. Odształcenia konstrukcji pod wpływem ekstremalnych warunków eksploatacyjnych



Rys. 4. Naprężenia zredukowane pudła tramwaju 105N2k – przypadek wkolejania

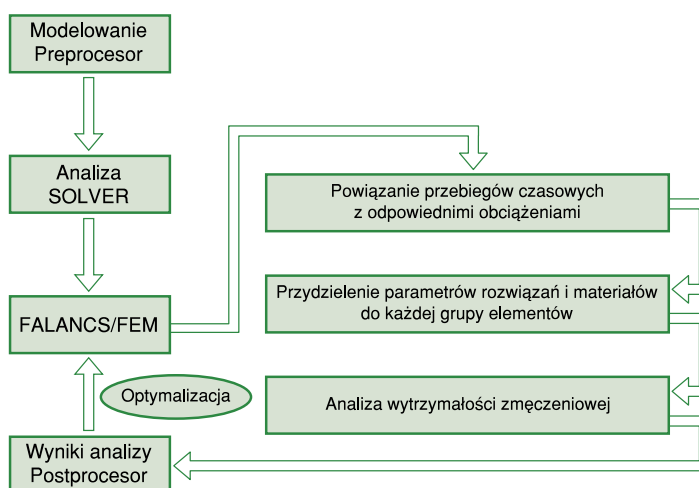
zarówno naprężeń (rys. 4), jak i odkształceń (rys. 3). Żadne z tych miejsc nie jest jednak narażone na uszkodzenia spowodowane przeciążeniem warunkami eksploatacyjnymi tramwaju. Maksymalne naprężenia nie przekraczają: 84 [MPa] – dla próby ściskania 200 kN, 42 [MPa] – dla próby rozciągania 100 kN, 230 [MPa] – dla próby eksploatacyjnej maksymalnego wypełnienia pasażerami z 50% przeciążeniem, 259 [MPa] – dla próby eksploatacyjnej jednostronnego podnoszenia z wózkiem napędowym, 258 [MPa] – dla próby dwustronnego podnoszenia pudła.

### Analiza zmęczenia

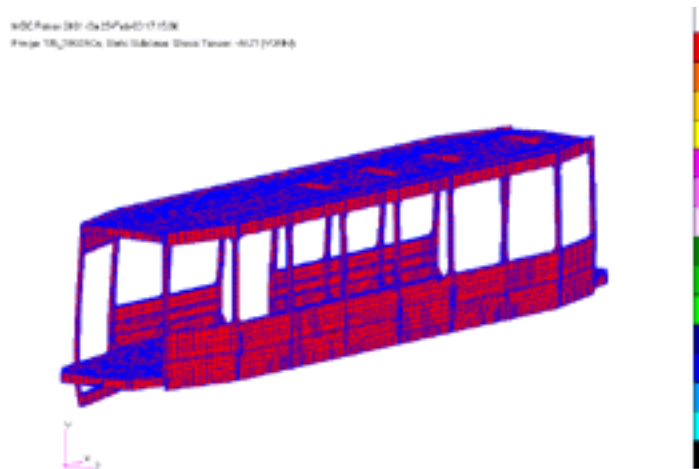
Badania trwałości konstrukcji zostały przeprowadzone z użyciem oprogramowania LMS FALANCS pozwalającego na numeryczną analizę prowadzącą do lokalizacji miejsc o zmniejszonej wytrzymałości zmęczeniowej oraz określenia ich trwałości. Dzięki szybkości wykonywanych obliczeń możliwe jest bieżące usuwanie problemów konstrukcyjnych. Stworzenie numerycznego modelu pozwoliło na analizę wytrzymałości zmęczeniowej już na etapie rozwoju projektu. Pomogło to skrócić proces oceny trwałości zmęczeniowej przez uniknięcie fizycznych testów w trakcie fazy projektowania.

Do analizy wykorzystano wyniki obliczeń z analizy statycznej oraz przebiegi czasowe wynikające z analizy modelu numerycznego tramwaju, z uwzględnieniem zmierzonych w Warszawie nierówności toru. Wyznaczone przebiegi zmienności sił w czasie zostały przypisane do rezultatów obliczeń z części pierwszej, odpowiednim materiałom przypisano własności materiałowe (stworzono odpowiednie krzywe Wóhlera). Tak przygotowany model numeryczny pozwolił na określenie trwałości każdego z elementów pudła tramwaju, wprowadzenie odpowiednich poprawek konstrukcyjnych oraz wyznaczenie wytrzymałości zmęczeniowej całej konstrukcji.

Procedurę obliczeń zrealizowaną z użyciem programu LMS FALANCS przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Schematyczny przebieg analizy trwałości



Rys. 6. Wyniki analizy wytrzymałości zmęczeniowej

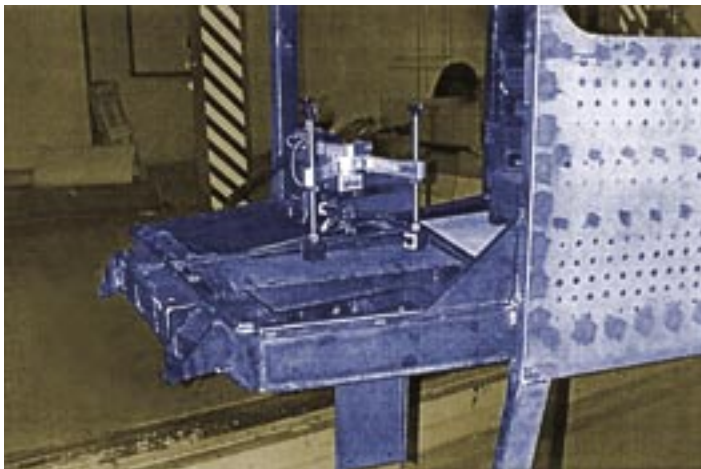
Wyniki analizy zmęczeniowej przedstawiono na rysunku 6. Pokazują one, że trwałość konstrukcji jest na poziomie  $10^{56}$  cykli, co odpowiada praktycznie nieskończonej wytrzymałości zmęczeniowej pudła tramwaju.

## Badania tensora odkształceń i naprężeń w wybranych elementach nadwozia

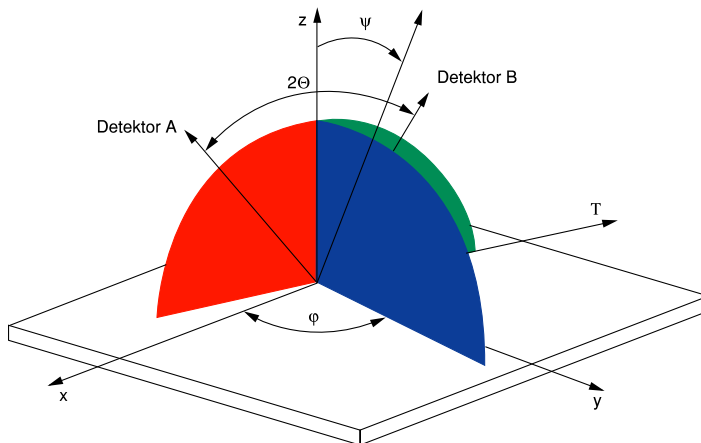
W celu weryfikacji obliczeń, prowadzonych metodą symulacji komputerowej, wybrane elementy pudła wagonu zostały poddane badaniom mającym na celu określenie tensora odkształceń i naprężeń. Pomiaru odkształceń dokonano metodą dyfrakcji promieni rentgenowskich. Pomiaru zostały wykonane dyfraktometrem metodą  $\sin^2\Psi$ . Geometrię goniometru przedstawiono na rysunku 7. Kierunek pomiaru leży na przecięciu płaszczyzny XY (powierzchnia próbki) i płaszczyzny kąta  $\Psi$ .

Zastosowano następujące parametry pomiaru:

- promieniowanie  $\text{CrK}\alpha_1$ ;
- kolimator – średnica wiązki promieniowania: 1,5 mm;
- płaszczyzna sieciowa ferrytu (211);
- kąt dyfrakcji  $2\Theta = 155,59^\circ$ ;



Fot. 1. Pomiaru tensora odkształceń i naprężeń na rzeczywistym obiekcie (pudło 105N2k/2000) z obciążeniem zastępczym



Rys. 7. Schemat goniometru o zmodyfikowanej geometrii y

$\Psi$ ,  $\varphi$  – kąty określające kierunki odkształceń i naprężeń głównych;  $\varphi$  – kąt zawarty między kierunkiem pomiaru naprężeń i osią x, prawoskrętnego układu współrzędnych goniometru;  $\Psi$  – kąt padania wiązki rentgenowskiej;  $\epsilon_{ij}$  – składowa tensora odkształceń względnych;  $\sigma_{ij}$  – składowa tensora naprężeń;  $\gamma$  – liczba Poissona;  $\lambda$  – długość fali promieniowania;  $E$  – moduł Younga

– czas ekspozycji 15 s.

Pomiary przeprowadzono na pierwszym egzemplarzu pudła tramwaju wykonanego według nowej dokumentacji. Badania wykonano kilkakrotnie, symulując próbę eksploatacyjną wkolejania tramwaju z zamontowanym wózkiem napędowym – jednostronne podnoszenie tramwaju „za nos” – z zastępczym obciążeniem, którego masa i rozmieszczenie było identyczne z występującym na gotowym pojeździe. Do badań weryfikacyjnych został wybrany przypadek wkolejania tramwaju, gdyż próba ta powoduje największe wyężenie konstrukcji (fot. 1).

Badania przeprowadzono w czterech charakterystycznych miejsca pudła, w których naprężenia i odkształcenia były największe. W każdym punkcie pomiary weryfikacyjne wykonywano w trzech kierunkach (rys. 7).

Wyznaczone wartości odchyłek (rozbieżności) wyników pomiaru naprężeń i odkształceń uzyskane z analizy MES oraz z badań weryfikacyjnych są na poziomie kilku procent. Tak duża zgodność wyników oznacza, że obliczenia MES były wykonane bardzo dokładnie.

## Wnioski z badań

Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie spełnienia wymogów karty UIC 515. Naprężenia powstające podczas prób oraz pod wpływem obciążeń eksploatacyjnych zapewniają wysoki poziom bezpieczeństwa konstrukcji. Obliczenia prowadzone drogą numeryczną wykazały brak uszkodzeń o charakterze zmęczeniowym, konstrukcja charakteryzuje się trwałością wynoszącą  $10^{56}$  cykli, co odpowiada nieskończonej wytrzymałości zmęczeniowej.

Wybrane miejsca konstrukcji zostały zweryfikowane poprzez pomiary na obiekcie rzeczywistym, w wyniku których stwierdzono ich wysoką zgodność z wynikami symulacji komputerowych, różnice były na poziomie kilku procent (w żadnym punkcie nie przekraczały 10%). Wyznaczone wartości odkształceń okazały się bardziej decydujące dla konstrukcji niż naprężenia. Po wykonaniu obliczeń w konstrukcji wprowadzono pewne modyfikacje, które zostały uwzględnione we wszystkich tramwajach.

## Główne cechy nowego pojazdu

### Charakterystyka

W efekcie obliczeń i analiz przeprowadzonych wspólnie przez Alstom Konstal i Energocontrol powstał tramwaj 105N2k/2000. Jest on wynikiem dotychczasowego rozwoju pojazdów 105N2k pochodzących z chorzowskiej fabryki. Zastosowano w nim wózki z pierwszym stopniem odsprężynowania, przetwornicę statyczną i tyrystorowy układ napędowy. Jest to wagon jednoczłonowy, wysokopodłogowy, który w zależności od potrzeb użytkownika może być w różny sposób konfigurowany i wyposażony.

Pudło pojazdu w wersji trzydrzwiowej wykonane jest ze stali nierdzewnej (podłuznice ścian i struktura dachu ze stali ferrytycznej, poszycie ze stali austenitycznej). W ścianach czołowych, przedniej i tylnej, szyby są klejone do ich konstrukcji. Zabudowane w ścianach zderzaki z tworzywa elastycznego mogą przejąć energię zderzenia podczas dojeżdżania do wagonu poprzedzającego. Osto-

ny dolne, wykonane z laminatu, pozwalają ograniczyć emisję hałasu, poprawiają bezpieczeństwo eksploatacji i estetykę pojazdu. Elementy zamocowane pod podwoziem pojazdu wykonane są ze stali nierdzewnej.

Pudło osadzone jest na dwóch wózkach. Każda oś wózka napędzana jest oddzielnym silnikiem trakcyjnym. Pierwsza oś pierwszego wózka może zostać wyposażona w instalację piasecznicy. Pojazd może być również wyposażony w instalację smarowania obrzeży kół.

### Wariantowość

Tramwaj 105N2k/2000 jest dostępny w kilku wersjach. Jest możliwa wersja N2k/2000-1 (rys. 8 oraz fot. 2) w postaci składu dwuwagonowego, w którym drugi wagon całkowicie pozbawiony stanowiska motorniczego jest doczepeką czynną. Do tej pory wyprodukowano 62 wagony tej wersji, która jest eksploatowana w składach dwuwagonowych.

Inna wersja tramwaju – N2k/2000-2 – bardziej typowa (rys. 9), przeznaczona jest do eksploatacji zarówno samodzielnej, jak i w składach dwuwagonowych. Wyprodukowano do tej pory 14 szt. tej wersji tramwaju.

Możliwe jest również wykonanie tramwaju w wersji dwustronnej, jednokierunkowej, o charakterystyce funkcjonalnej, takiej jak dla N2k/2000-1, ale z drzwiami po obu stronach. Możliwe jest także wykonanie tramwaju dwukierunkowego przeznaczonego do eksploatacji w składach dwuwagonowych oraz pojazdu skonfigurowanego jako pojedynczy wagon dwukierunkowy. Tramwaj ten może być dostosowany do poruszania się po torach normalnych (1435 mm) lub wąskich (1000 mm).

Opisane konfiguracje wagonu i jego wyposażenia są wersją bazową, która może zostać dostosowana do indywidualnych wymagań poszczególnych klientów. Także pudło pojazdu umożliwia zastosowanie ścian czołowych o wzornictwie dostosowanym do preferencji każdego z przedsiębiorstw komunikacyjnych.

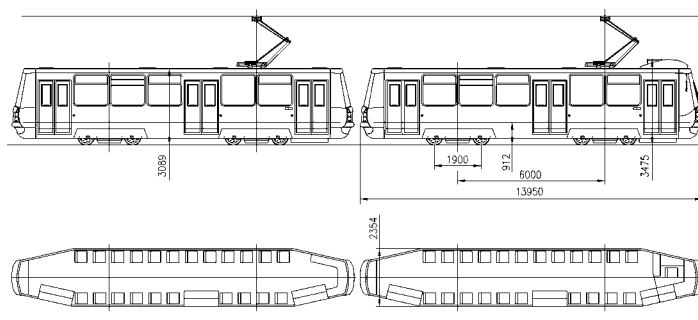
### Najnowsze rozwiązania

Pierwszy raz w historii w tramwaju typu 105N zostało wprowadzone pudło o otwartej konstrukcji, umożliwiające zastosowanie odrębnych ścian czołowych o różnych kształtach, dostosowanych do indywidualnych wymagań klientów. Jest to nowatorskie rozwiązanie na polskim rynku i dlatego w celu ochrony zostało zgłoszone przez Alstom Konstal w Urzędzie Patentowym RP.

W tramwaju 105N2k/2000 wprowadzono ogółem ponad 100 nowych rozwiązań w porównaniu do wersji 105N. Oprócz rozwiązań, które stanowiły kluczowe węzły nowej konstrukcji, tj. „otwarta” konstrukcja pudła, nowoczesne stanowisko motorniczego z klimatyzacją oraz kształtowanie elementów struktury zgodnie z technologią *interlocking*, zastosowano także znane i sprawdzone rozwiązania, tj. bezpieczne i ciche drzwi otwierane na zewnątrz, automatyczną informację dla pasażerów, ulepszony układ elektryczny, trwałe powłoki lakiernicze. Wykonano również unowocześniony przedział pasażerski z lepszą izolacją dźwiękową i termiczną, z wygodniejszymi siedzeniami i estetycznymi materiałami wykończeniowymi. Wprowa-



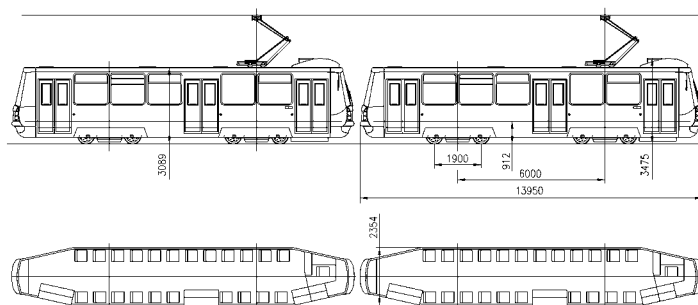
Fot. 2. Tramwaj 105N2k/2000-1



Rys. 8. Konfiguracja tramwaju 105N/805N w wersji N2k/2000-1



Fot. 3. Wnętrze przyczepy czynnej (bez stanowiska motorniczego)



Rys. 9. Konfiguracja tramwaju 105N/805N w wersji N2k/2000-2

dzono nowy sposób wydajnego odprowadzenia wody z dachu, rezygnując z dotychczasowych tzw. rynienek dachowych.

## Wnioski końcowe

Wynikiem prac nad projektem 105N2k/2000 jest nowoczesny tramwaj jednoczłonowy, wysokopodłogowy, który może stanowić atrakcyjną propozycję dla wszystkich przedsiębiorstw komunikacji tramwajowej w Polsce, a także za granicą. Jego podstawową zaletą jest optymalne powiązanie nowoczesności rozwiązań z atrakcyjną ceną i niskimi kosztami eksploatacji, wynikającymi z wysokich wskaźników niezawodności. Dwuletnia praktyka eksploatacyjna potwierdza niskie koszty utrzymania nowego pojazdu.

Zmodernizowana struktura nośna tego tramwaju, która została opracowana z dużą rozważą przez konstruktorów Alstom Konstal, ściśle współpracujących z zespołem naukowców i inżynierów kierowanym przez profesora Tadeusza Uhla, charakteryzuje się dużą trwałością, odpowiadającą nieskończonej wytrzymałości zmęczeniowej. Należy jednak zwrócić uwagę, że zakres wykonanych obliczeń i badań był szeroki. Wyniki komputerowej analizy MES były weryfikowane przez precyzyjne badania na obiekcie rzeczywistym. Efektem tego jest m.in. uniknięcie zagrożeń dla wytrzymałości konstrukcji dla najbardziej krytycznego przypadku jednostronnego podnoszenia tramwaju – „za nos”. Wprowadzone w fazie projektowej wzmocnienia zwiększają stopień bezpieczeństwa.

Tak poważne modyfikacje struktury, jakim poddano tramwaj 105N w wersji N2k/2000, powinny być dokonywane wyłącznie przez wysoko wykwalifikowanych specjalistów. Złożoność zagadnień wymaga zaangażowania inżynierów i naukowców mających duże doświadczenie w projektowaniu, badaniu i produkcji pojazdów szynowych, gdyż konieczne jest precyzyjne przeanalizowanie każdego z kilkunastu różnych przypadków wytrzymałościowych konstrukcji pojazdu. Prawdopodobnie prowadzony proces konstruowania i wytwarzania tramwajów, jaki od wielu już lat dokonuje się

w chorzowskiej fabryce Alstom Konstal, gwarantuje długotrwałą i bezpieczną eksploatację pojazdów.

Tramwaj 105N2k/2000 jest konstrukcją na tyle uniwersalną, że może być zastosowany do utworzenia wielu wersji dostosowanych do wymagań poszczególnych klientów. Konstrukcja ta pozwala także na dalsze modyfikacje tramwaju zarówno w obszarze struktury nośnej, jak i pozostałych zespołów. □

## Literatura

- [1] Uhl T., Chudzikiewicz A., Karpiński J.: *Nowoczesny proces modyfikacji konstrukcji pojazdów*. Technika Transportu Szynowego 5/1999.
- [2] Uhl T., Chudzikiewicz A.: *Komputerowo wspomaganą analizą dynamiki pojazdów szynowych*. Metody komputerowe w projektowaniu i badaniach naukowych. Kraków 1999.
- [3] Uhl T., Chudzikiewicz A.: *Aspekty bezpieczeństwa i trwałości w projektowaniu tramwajów*. Zintegrowane Systemy Kolejowo-tramwajowe. Kraków 1999.
- [4] Uhl T., Chudzikiewicz A.: *Noise, vibration and durability problems in rail vehicle design*. Materiały konferencyjne Proceedings of ISMA25. 2000 International Conference on Noise and Vibration Engineering, vol II, wrzesień 2000.

## Autorzy

*prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl – kierownik Katedry Robotyki i Dynamiki Maszyn Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie*

*mgr inż. Dariusz Długaszek – dyrektor Grupy Lekkich Pojazdów Szynowych w Alstom Konstal S.A.*

*mgr inż. Adam Szromek – starszy konstruktor w Alstom Konstal S.A.*

*mgr inż. Ireneusz Łuczak – kierownik Działu Projektów, Badań i Rozwoju w Ergocontrol Sp. z o.o.*

XI Ogólnopolska Wystawa **KOLEJ NA KOLEJ**

# ELEKTROTRAKCJA 2003

Zduńska Wola Karsznice. 22–23 maja 2003 r.

Nowoczesne urządzenia, materiały, rozwiązania techniczne, które mają zastosowanie w elektroenergetyce kolejowej, trakcji elektrycznej, taborze kolejowym, wyposażeniu zaplecza warsztatowego, przewozach kolejowych, sterowaniu i zabezpieczeniu ruchu kolejowego, telekomunikacji, informatyce, BHP

*Honorowy przewodniczący Komitetu Organizacyjnego Wystawy:*  
dr inż. Franciszek Wielądek – przewodniczący Rady nadzorczej PKP S. A.,  
sprawujący funkcje honorowego Prezydenta UIC

*Patronat techniczny:*  
PKP ENERGETYKA Spółka z o.o. Centrala w Warszawie

*Patronat medialny:*  
*Technika Transportu Szynowego, Nowe Sygnały*

*Informacje:*  
**Stowarzyszenie SEMAFOR, 98-220 Zduńska Wola, ul. 1 Maja 7, tel./fax (43) 823 07 10**