

## Aktualne tendencje w rozwoju wózków wagonów towarowych

*W artykule przedstawiono aktualne tendencje rozwojowe w układach biegowych wagonów towarowych, wynikające ze zwiększających się wymagań przepisów międzynarodowych (karty UIC, norm Unii Europejskiej-EN), zwłaszcza w dziedzinie ochrony środowiska oraz współczesnych wymogów wynikających z zapotrzebowania gospodarki rynkowej (np. zwiększenie ładowności).*

### 1. Wstęp

Współczesny rozwój wózków wagonów towarowych wynika z istotnych przemian w dziedzinie transportu ładunków. Przemiany te w ostatnich latach były odczuwalne w większości krajów Europy i doprowadziły do:

- ♦ reformy organizacyjnej większości zarządów kolejowych, polegającej na wydzieleniu poszczególnych rodzajów transportu oraz infrastruktury; w wyniku przeprowadzonych reform powstał wydzielony sektor przewozu ładunków, funkcjonujący w ramach poszczególnych zarządów kolejowych np. SBB „Cargo”, DB „Cargo” oraz PKP „Cargo” (cargo-z j. angielskiego ładunek),
- ♦ zwiększającej się rywalizacji pomiędzy poszczególnymi gałęziami transportu, zwłaszcza między transportem samochodowym oraz mającym stałą tendencję wzrostową i cieszącym się dużą popularnością transportem rurociągowym,
- ♦ zwiększonych wymagań w zakresie ochrony środowiska, zmierzających do ograniczenia emisji hałasu oraz zaostrzenia kryteriów bezpieczeństwa dla ładunków niebezpiecznych,
- ♦ zwiększającej się presji na obniżenie kosztów zakupu nowego taboru kolejowego, zmuszającej producentów do obniżenia kosztów wytwarzania, wprowadzenia nowych technologii wykonania i montażu, budowy modułowej wagonów itd.
- ♦ wzrostu zapotrzebowania na wagony specjalistyczne oraz stopniowy zanik produkcji wielkoseryjnej, co wymusza na producentach budowę mniej uniwersalnego pojazdu.

Poważny udział w rozwoju wózków do połowy lat dwięćdziesiątych ubiegłego stulecia miał Komitet ORE/ERRI B12 i podlegająca jemu Grupa Robocza ERRI B12.4; korzystając z przydzielonych środków przez UIC kierowała pracami badawczymi i konstrukcyjnymi (opracowanie standardowych dokumentacji ORE / ERRI) oraz opracowywała raporty, które były podstawą do standaryzacji poszczególnych typów wózków wagonów towarowych i dopuszczenia ich do ruchu międzynarodowego (karta UIC 432 [8] oraz karta UIC 500[9]). W wyniku braku zainteresowania firm produkujących tabor kolejowy standaryzacją ich rozwiązań oraz zmniejszających się środków finansowych pozostających w dyspozycji UIC/ERRI działalność Grupy Roboczej B12.4 została przerwana, nastąpiły zmiany priorytetów w działalności UIC, a tym samym przerwany proces standaryzacji wózków wagonów towarowych. Nie oznaczało to jednak zaniku lub zahamowania rozwoju w tej dziedzinie.

W wyniku wzrastającego zapotrzebowania rynkowego powstało w ostatnich latach wiele interesujących, innowacyjnych rozwiązań, które znalazły zastosowanie praktyczne. Wiele rozwiązań ma charakter modernizacji istniejących wózków wagonów towarowych, które drogą niewielkich zabiegów modernizacyjnych zwiększają ich parametry eksploatacyjne. W wyniku standaryzacji wózków wagonów towarowych powstały dwie rodziny tych wózków: -wózki wagonów towarowych typu „Y25” z zawieszeniem ze sprężynami śrubowymi oraz tłumikiem ciernym wg patentu Lenoira-Mandelbauma i charakterystyką progresywną usprężynowania (wersja SNCF), -wózki wagonów towarowych typu „665” z zawieszeniem wyposażonym w resor paraboliczny z charakterystyką progresywną oraz tłumieniem ciernym, wywiązującym się pomiędzy piórami resoru jak również pomiędzy elementami jego zawieszenia (wersja DB).

Obydwie rodziny spełniają w zakresie budowy warunki zamienności wymagane przepisami karty UIC 510-1[11] (sprowadzające się do spełnienia wymaganej przestrzeni pod zabudowę pod pudłem wagonu, zamienności stosowanych maźnic oraz zasadniczych wymiarów osi zestawów kołowych i połączenia wózka z nadwoziem wagonu), karty UIC 510-2 [12] (w zakresie wymagań geometrii stosowanych kół zestawów kołowych) i karty UIC 517 [16] (w zakresie zastosowanego usprężynowania). Obydwie rodziny wózków spełniają również przepisy skrajni zgodnie z kartą UIC 505-1 [10] w zakresie zajmowanej przestrzeni. Ww. przepisy nie okazały się być istotną przeszkodą w dalszym rozwoju wózków wagonów towarowych, choć ich jednoczesne spełnienie w niektórych przypadkach okazało się mało realne.

### 2. Podstawowe kierunki rozwoju wózków wagonów towarowych

Podstawowe kierunki rozwoju wózków wagonów towarowych można sklasyfikować następująco:

- ♦ budowa nowych wózków wagonów towarowych spełniających jedynie warunki wymaganej przestrzeni określonej wg karty UIC 510-1 [11] oraz skrajni wg karty UIC 505-1[10] z ograniczonym stopniem unifikacji części wymienionych w obecnie obowiązujących przepisach, jednak dostosowanych do aktualnych wymagań klientów; dzięki zastosowaniu modułowej budowy wózków można uzyskać różne parametry biegowe biorąc pod uwagę skrajną możliwość zastosowania tzn. maksymalny nacisk wynoszący 22.5 tony na oś przy 160 km/h oraz 25 ton na oś przy 120 km/h ( wózek Axle Motion II),

◆budowa nowych wózków wagonów towarowych spełniających większość warunków zabudowy określonych w kartach UIC 510-1[11], 510-2 [12] i 517[16] w celu dostosowania do zwiększonego nacisku wynoszącego 25 ton/oś przy maksymalnej prędkości eksploatacyjnej wynoszącej 100 km/h ; wózki te można uznać jako kontynuację modernizacji rodziny wózków standardowych,

◆modernizacja obecnie eksploatowanych wózków wagonów towarowych w celu polepszenia ich parametrów biegowych i zwiększenia żywotności węzłów (zwłaszcza tłumika ciernego); modernizację przeprowadza się na życzenie użytkownika-klienta w ramach napraw rewizyjnych wagonów; przykładem tego może być np. dostosowanie układu biegowego do jazdy 120 km/h wagonu w stanie próżnym. Modernizacja odbywa się najczęściej przy użyciu standardowych rozwiązań i części, których walory użytkowe zostały potwierdzone przez długoletnią eksploatację, w celu zmniejszenia kosztów przedsięwzięcia. Ten kierunek rozwojowy jest wynikiem wymagania postawionego przez kartę UIC 432 [8] w zakresie konieczności dostosowania wagonu towarowego w stanie próżnym do jazdy z prędkością 120 km/h.

### 2.1. Rozwój wózków dostosowanych do zwiększonego nacisku 25 ton/oś

Rozwój wózków standardowych w ramach działalności ORE/ ERRI zakończył się ustaleniem maksymalnego nacisku wynoszącego 22.5 ton/oś.

Nacisk ten został określony na podstawie prac studialnych jako graniczny z powodu maksymalnego dopuszczalnego obciążenia toru określonego w karcie UIC 518 [17] oraz w karcie UIC 700 [19]. Zapotrzebowanie na wagony z podwyższonym naciskiem 25 t/oś wynika ze specyficznych warunków eksploatacyjnych na wybranych odcinkach poszczególnych kolei. Przykładem takiego zapotrzebowania okazała się linia kolejowa Lulea-Kiruna-Narvik (Szwecja, Norwegia) przeznaczona do transportu rudy żelaza. W wyniku późniejszych prac modernizacyjnych infrastruktury stworzono na wybranych liniach kolejowych Wielkiej Brytanii warunki do eksploatacji wagonu z naciskiem 25 t/oś, gdzie dostarczono 300 wagonów do przewozu blach w kręgach (tzw. coil wagons) eksploatowanych przez przedsiębiorstwo English&Scottish Railway [7]. Zadawalające wyniki eksploatacji komercyjnej na wytypowanych szlakach kolejowych doprowadziły do pewnej zmiany w dotychczasowym podejściu większości zarządów kolejowych do ruchu z podwyższonym naciskiem. Wymagało to jednak opracowania nowej edycji karty UIC 518 [17] oraz karty UIC 700 [19].

W pierwszym dokumencie powinna być dokonana zmiana dotycząca maksymalnych dopuszczalnych nacisków koła Q oraz siły poprzecznej wynikającej z tzw. kryterium Prud'homme. Zgodnie z aktualnymi przepisami karty UIC 518 [17], która zakładała maksymalny nacisk statyczny na koło wynoszący  $Q_0=112.5$  kN , graniczne obciążenie  $Q_{lim}$  uwzględniające również nadwyżkę dynamiczną wynoszącą 90 kN wynosi:

$$Q_{lim}=Q_0+90<200\text{kN} \quad (1)$$

Podwyższając odpowiednio nacisk statyczny na koło po zaokrągleniu do 125 kN, graniczne obciążenie  $Q_{lim}$  zgodnie z wzorem (1) uwzględniające nadwyżkę dynamiczną 90 kN wynosi 215 kN. Jako ostateczne kryterium przyjęto w projekcie karty UIC 518-2 [18] ww. wartości  $Q_{lim}=210$  kN,

ograniczając jednocześnie wartość przechyłki toru do  $I=100$  mm przy prędkości  $v_{lim}=100$  km/h. W przypadku zastosowania przechyłki  $I=130$  mm nacisk powinien wynosić  $Q_{lim}=220$  kN przy prędkości  $v_{lim}=100$  km/h.

Siła quasistatyczna  $Q_{qst}$  jest określona w dotychczasowych przepisach dla  $Q_0=112,5$  kN i wynosi  $Q_{qst}=145$  kN. Siłę  $Q_{qst}$  wyznacza się ze wzoru:

$$Q_{qst}=Q_0+\Delta Q_{(I=130)} \quad (2)$$

gdzie:

$Q_{qst}$ - quasistatyczny nacisk na koło na łuku z przechyłką maksymalną  $1,1 \cdot I$

$\Delta Q$  -przyrost nacisku na koło w wyniku usytuowania wagonu na przechyłce toru.

Siłę  $\Delta Q_{(I=130)}$  wyznacza się ze wzoru:

$$\Delta Q_{(I=130)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{k}{2} \cdot 1 \cdot \eta = 2(k_1 + k_2) \cdot 1 \cdot s \cdot \frac{I}{2b} \quad (3)$$

gdzie:

$k=16(k_1+k_2)$ -sztywność usprężynowania wagonu, przy czym:

$k_1=0.498$  kN/mm-sztywność sprężyny zewnętrznej,

$k_2=0.998$  kN/mm-sztywność sprężyny wewnętrznej,

$I=1000$  mm-połowa rozstawu usprężynowania,

$s=0.13$ -współczynnik pochylenia wagonu,

$1,1 \cdot I=1,1 \cdot 130=143$  mm-maksymalna przechyłka toru,

$2b=1500$  mm-rozstaw okręgów tocznych zestawu kołowego.

Po wstawieniu wartości liczbowych do wzoru (2) otrzymuje się  $Q_{qst}=125+37.08=162.08$  kN.

W przypadku ograniczenia przechyłki do  $I=100$  mm wartość siły  $Q_{qst}=125+28.52=153.52$  kN.

Stąd też graniczne wartości  $Q_{qst}$  wynoszą odpowiednio:

-165 kN dla łuku z przechyłką 130 mm,

-155 kN dla łuku z przechyłką 100 mm.

Z przyjętych ww. danych można ustalić wartość  $Q_{lim}$ , która wyraża się wzorem:

$$Q_{lim}=Q_{OP}+2(k_1+k_2) \cdot \Delta H \quad (4)$$

gdzie:

$Q_{OP}$ -nacisk statyczny koła na szynę w stanie próżnym wynoszący 24.05 kN dla wagonu o masie ekwiwalentnej 20 000 kg .

$\Delta H$ -odległość pomiędzy maźnicą i odbijakiem, wynosząca nominalnie 60 mm.

Po wstawieniu danych liczbowych do wzoru (4) otrzymuje się wartość  $Q_{lim}=203.57$  kN. Przy uwzględnieniu tolerancji sztywności usprężynowania wynoszącej  $\pm 8\%$  zgodnie z kartą UIC 822 [21] i podstawiając dane liczbowe do wzoru (4):

$$Q_{lim}=Q_{OP}+2 \cdot 1.08 \cdot (k_1+k_2) \cdot \Delta H \quad (5)$$

otrzymuje się nacisk koła zestawu wynoszący  $Q_{lim}=217.93$  kN. Stąd wynika konieczność ograniczenia przechyłki toru do 100 mm, zamiast dotychczas przyjmowanej 130 mm.

Maksymalna dopuszczalna siła poprzeczna działająca na przęśło toru wynosi zgodnie z [17]:

$$\left(\sum Y_{2m}\right)_{\text{lim}} = \alpha \left(10 + \frac{Q_{0ZK}}{3}\right) \quad (6)$$

gdzie:

$\alpha$ - współczynnik, który uwzględnia dla wagonów towarowych większe tolerancje konstrukcyjne (przyjmuje się wartość  $\alpha=0.85$ ),

$Q_{0ZK}$ -maksymalny nacisk zestawu na szyny (obciążenie na oś).

Po wstawieniu danych liczbowych do wzoru (6) tzn. dla  $Q_{0ZK}=225$  kN wartość siły poprzecznej wynosi  $(\sum Y_{2m})_{\text{lim}}=72$  kN, natomiast dla  $Q_{0ZK}=250$  kN wartość siły poprzecznej wynosi  $(\sum Y_{2m})_{\text{lim}}=80$  kN.

Jak wynika z powyższych obliczeń stosowanie taboru kolejowego z większymi naciskami na oś niż 22.5 t/oś wymaga dostosowania infrastruktury kolejowej do zwiększonych obciążeń i zastosowania nowej klasy toru tzw. klasy toru E, która będzie opisana w nowej edycji karty UIC 700 [19].

Najtańszym rozwiązaniem dla wózków przeznaczonych dla obciążeń 25 t/oś jest przystosowanie wózka Y25Lsd1.

Przystosowanie to sprowadza się do:

- zwiększenia wytrzymałości statycznej oraz zmęczeniowej ramy, wychodząc z bazowego nacisku na oś wynoszącego 25 t/oś; ustalenie sił pionowych działających na gniazdo skrętu i ślizgi boczne, sił poprzecznych oraz sił pionowych obciążających ramę i wynikających z wchrowatności toru odbywa się w oparciu o kartę UIC 510-3 [13],
- zwiększenia wytrzymałości zestawu kołowego; w wyniku przeprowadzonych obliczeń wg metodyki opisanej w karcie UIC 515-3 [15] i dokonanych analiz zestaw kołowy posiada podpięcie o średnicy 205 mm ( w porównaniu do zestawu standardowego 200 mm), natomiast część środkowa osi ma średnicę 175 mm ( w porównaniu do standardu 173 mm),
- dostosowania węzła maźnicznego (maźnica wraz z łożyskami) do zwiększonych wymagań wytrzymałościowych; w wyniku przeprowadzonych analiz konstrukcyjno-obliczeniowych celowe wydaje się zastosowanie łożysk z koszykiem poliamidowym typu NJ+NJP130×240×80 (zamiast dotychczas stosowanych z koszykiem mosiężnym) wraz z korpusem maźnicy o sztywniejszej konstrukcji,
- zwiększenia wytrzymałości usprężynowania, przy zachowaniu jego progresji; typ usprężynowania składający się ze sprężyny zewnętrznej oraz sprężyny wewnętrznej jest usprężynowaniem sprawdzonym w eksploatacji przez wiele zarządów kolejowych i gwarantującym bezpieczeństwo przed wykolejeniem, zwłaszcza w stanie próżnym wagonu;
- zastosowania tzw. ciężkiej przekładni hamulcowej, przystosowanej do ruchu „SS” z klockami „dwuwstawkowymi” (zaadaptowanie rozwiązania z wózka Y25Rss, Y25Ls(s) oraz Y25Ls (s)1 ).

Powyższa koncepcja dostosowawcza posiada cechy modernizacyjne już istniejących układów biegowych oraz pozwala na zaadaptowanie wielu części będących w bieżącej produkcji (np. kompletna przekładnia hamulcowa, ślizgi boczne sprężyste, gniazdo skrętu wraz z wkładką z tworzywa sztucznego).

Jak wykazują obliczenia wytrzymałościowe przeprowadzone metodą elementów skończonych, zastosowanie stali S 355 J2 G3 wg PN-EN 10025 [23] z kontrolowaną udarnością w temperaturze -

20°C spełniającej wymagania spawalności przy ewentualnym wzmocnieniu niektórych węzłów ramy spełnia wymagania wytrzymałości statycznej (tzw. próba na obciążenia nadzwyczajne występujące w eksploatacji) oraz wytrzymałości zmęczeniowej w zakresie  $8 \times 10^6$  cykli obciążeń (po których nie powinny powstać żadne pęknięcia). Wersja ta jest najbliższa rozwiązaniu standardowemu.

Wadą powyższego rozwiązania jest przede wszystkim:

- konieczność dostosowania toru do zwiększonych kryteriów obciążenia,
- stosunkowo duża masa wózka, która może osiągnąć nawet wartość 4980 kg,
- brak możliwości radialnego ustawiania się zestawów kołowych, co prowadzi do zwiększonego zużycia ciernego powierzchni tocznej oraz zwiększonej emisji hałasu (zwłaszcza przy przejeździe przez małe łuki); zastosowanie tradycyjnej stali R7T ulepszonej cieplnie w karty UIC 812-3 [20] nie poprawia sytuacji.

Jak wynika z badań przeprowadzonych na trzech wagonach wyposażonych w wózki Y25, wózki typu 665 z quasiradialnym prowadzeniem zestawu kołowego wynikającym z luzów w prowadzeniu maźnicznym wynoszącym  $\pm 6$  mm, oraz wózki typu SAR (tzw. wózki Scheffela stosowane na kolejach RPA) wyposażone w mechanizm aktywnego sterowania radialnego, największe zużycie powierzchni tocznych kół spowodowane siłami prowadzącymi po 10 000 km przebiegu wykazywał wózek typu Y25 (blisko 30-krotnie większe aniżeli wózki typu 665, przy czym te ostatnie wykazały zużycie o 10% większe aniżeli wózek typu SAR) [6]. Pewną poprawę sytuacji w tym zakresie może rokować dalszy rozwój wózka Y25Lsd1 standaryzowanego wg raportu ERRI B12/Rp 56 [24] (wózek z zawieszeniem typu Y25 O (O-orientable) posiadającym możliwość quasiradialnego ustawiania się zestawów kołowych w łuku przez zastosowanie luzu wzdłużnego wynoszącego  $\pm 6$  mm) i dostosowanie go do zwiększonego reżimu obciążeń wynikającego z nacisku 25 t/oś.

Kolejnym istotnym postępowaniem w dziedzinie zmniejszenia zużycia byłoby wprowadzenie:

- \* nowych materiałów na koła: stali S2 (stal perlityczna zawierająca ok. 25 % przedeutektoidalnego ferrytu) lub S3 (stal perlityczna zawierająca ok. 15% przedeutektoidalnego ferrytu), których przydatność została potwierdzona przez badania laboratoryjne [2],
- \* kontroli różnicy nacisków kół i zestawów kołowych na stanowiskach odbiorczych produkowanych i remontowanych wózków, przyjmując kryteria zgodnie z [3].

Odpowiedzią praktyczną na powyższe problemy była konstrukcja wózka Axle-Motion III, wyprodukowanego przez amerykańską firmę ABC-Naco dla potrzeb rynku europejskiego.

Istotną cechą ww. konstrukcji jest zastosowanie:

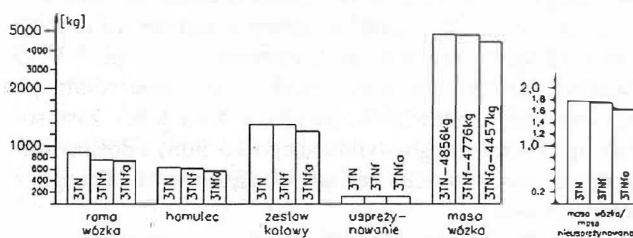
- radialnego prowadzenia zestawów kołowych, dzięki zastosowaniu luzu  $\pm 9.5$  mm pomiędzy maźnicą oraz prowadzeniem zestawu kołowego,
- „łożyska szczelnego” posiadającego kompaktową zabudowę,
- usprężynowania składającego się z 16 kompletów sprężyn z tłumikiem ciernym (tzw. klin cierny),
- lanej konstrukcji ramy.

Istotnym zamierzeniem nowej konstrukcji było spełnienie dla ruchu z naciskiem 25 t/oś przy prędkości 100 km/h wszystkich kryteriów dotyczących sił oddziaływania na tor, które obowiązywały dla nacisku 22.5 t/oś [5].

W wyniku przeprowadzonych badań dynamicznych na sieci kolejowej DB AG (w okresie 03÷04.2000 przez Ośrodek Badawczy w Minden) okazało się, że jedynie kryterium quasistatycznego nacisku występującego na łukach (mniejszych niż 600 m) zostało przekroczone i osiągnęło wartość wynoszącą 150 kN. Natomiast wartość nacisku pionowego koła nie przekroczyła wartości granicznej  $Q_{lim}=200$  kN. Opracowanie nowej konstrukcji wózka o mniejszym oddziaływaniu na infrastrukturę kolejową jest istotnym wyzwaniem dla producentów europejskich tym bardziej, że wózek ten można dostosować po pewnych modyfikacjach do eksploatacji z naciskiem 30t/oś i z prędkością 80 km/h. Istotą amerykańskiej koncepcji wózków było zaprojektowanie miękkiego usprężynowania o takiej charakterystyce, aby udział dynamiczny zmniejszył przy zwiększonym obciążeniu statycznym na koło.

## 2.2. Zmniejszenie masy wózka

W związku ze zwiększającą się presją spedytorów na zwiększenie ładowności wagonów towarowych, coraz większą wagę przywiązuje się do masy wózka. Wychodzi się tutaj z założenia, że im mniejsza masa wózka tym większe możliwości zwiększenia ładowności wagonu towarowego. Zasada ta obowiązuje dla każdej klasy toru i może być wykorzystana przy tym samym typie wagonu towarowego. Podjęte działania w zakresie zmniejszenia masy wózków przystosowanych do nacisku 22.5 t/oś typu Y25L przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Zmiany masy wózka Y25Lsd na przykładzie rozwoju konstrukcji wózków krajowych typu 3TN, 3TNf/1, 3TNfa/1.

Na uwagę zasługuje przede wszystkim zmniejszenie masy omażnicowanego zestawu kołowego, co wpływa na zmniejszenie mas nieusprężynowanych i ich szkodliwego oddziaływania na tor.

Istotny postęp w zakresie zmniejszenia masy wózka osiągnięto przede wszystkim dzięki wdrożeniu następujących elementów:

- \* kół monoblokowych o zmniejszonej masie własnej, których kształt tarczy spełnia wymagania obciążeń cieplnych oraz dopuszczalnych odkształceń, określonych w karcie UIC 510-5 [14],
- \* korpusów maźnic wraz z łożyskami z koszykami poliamidowymi [4],
- \* trójkątów hamulcowych o zmniejszonej masie własnej,
- \* wstawek hamulcowych dylatacyjnych,
- \* blach i kształtowników (głównie ceowników) o zmniejszonym zakresie tolerancji hutniczych.

## 2.3. Ograniczenie emisji hałasu

Jednym z istotnych parametrów oceny wózków wagonów towarowych jest poziom emitowanego hałasu. Jak wynika z obecnych doświadczeń, wagony towarowe uznaje się jako

jeden ze środków transportu emitujący znaczący poziom hałasu, wynoszący 100 dB (A) i tym samym poważnie obciążający środowisko naturalne [1].

Istotnym postępowaniem w zakresie ograniczenia hałasu może być zastosowanie następujących środków konstrukcyjnych:

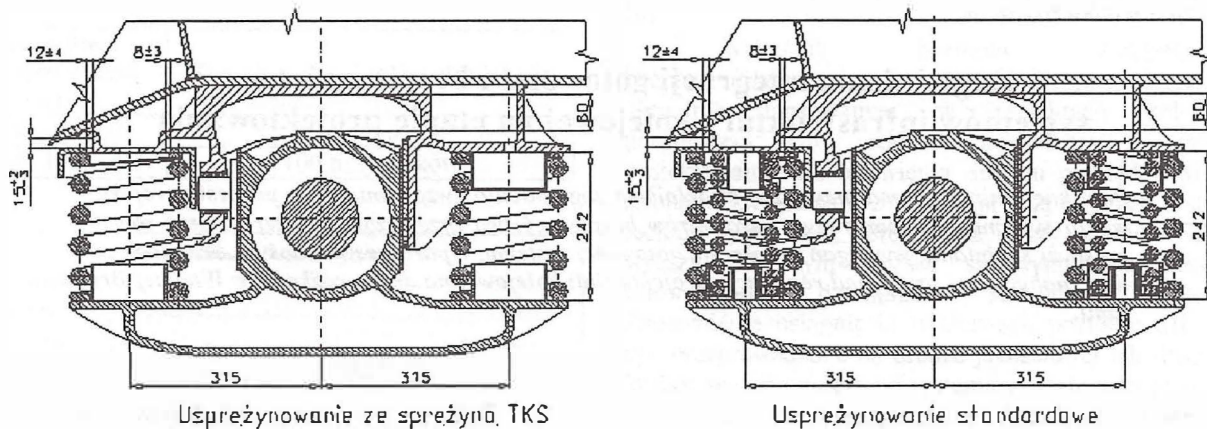
- zastosowanie zestawów kołowych z tłumikami hałasu umieszczonymi od strony wewnętrznej tarczy koła (możliwe obniżenie emisji hałasu o ok. 5÷6 dB (A)),
- zwiększenie dokładności wykonania kół (zmniejszenie chropowatości obrabianej powierzchni tocznej do przynajmniej  $R_a=6.3$   $\mu$ m),
- zastosowanie zawieszenia typu „TKS” (patent firmy Langen & Sondermann) ze sprężyną posiadającą charakterystykę progresywną, zamiast dotychczasowych dwóch kompletów sprężyn (rys.2); rozwiązanie takie gwarantuje zmniejszenie hałasu pochodzącego od usprężynowania w stanie próżnym wagonu, gdzie występuje luz pomiędzy sprężyną zewnętrzną oraz sprężyną wewnętrzną,
- zastosowanie wstawek klocków hamulcowych z tworzyw sztucznych (materiałów kompozytowych) typu „K” lub „L” zamiast obecnie stosowanych z żeliwa fosforowego wg karty UIC 832 [22] (możliwe zmniejszenie emisji hałasu o 8 dB(A)),
- optymalizacji przekładni hamulcowej poprzez zastosowanie tulejek z wysokowytrzymałych tworzyw sztucznych (szacowane obniżenie emisji hałasu 1÷2 dB(A)),
- zastosowanie powłok malarskich o własnościach tłumiących (rama wózka).

Zastosowanie osłon dźwiękochłonnych po obu stronach wózka, mogące dać obniżenie emisji hałasu o 8 dB(A) jako skuteczny środek zmniejszenia emisji hałasu nie wchodzi na razie w rachubę ze względu na specyfikę transportu towarowego (konserwacja, konieczność dostosowania wózka do urządzeń przytorowych do wykrywania „przeznaczonych łożysk tocznych”- tzw. urządzenia HOA-Heisslagerortsbestimmung).

Skuteczna walka z emisją hałasu wymaga również współdziałania ze strony infrastruktury kolejowej. Stosowane zabiegi przeszlifowania profilów szyn, zwiększające gładkość powierzchni, przyczyniają się do zmniejszenia emisji hałasu o około 3 dB(A).

## 4. Zakończenie

Współczesny rozwój wózków wagonów towarowych jest zdeterminowany zwiększającymi się wymaganiami rynkowymi oraz zwiększonymi kryteriami ochrony środowiska (przepisy Unii Europejskiej) jak również faktyczną rywalizacją pomiędzy ofertami amerykańskimi wózków przeznaczonych dla wagonów towarowych dla rynku europejskiego a przemysłem krajów europejskich. Z przeprowadzonej analizy stanu zaawansowania nowych konstrukcji wynika, że istotnym czynnikiem limitującym rozwiązania konstrukcyjne jest cena. Proste i skuteczne rozwiązanie będzie eliminowało droższe i czasami zdecydowanie lepsze rozwiązanie. Niepokojące jest zahamowanie rozwoju wózków wagonów towarowych przeznaczonych do wysokich prędkości w większości krajów Europy. Jedynym zarządem europejskim, który konsekwentnie realizuje transport ładunków z wysokimi prędkościami jest SNCF. Na trasach kolejowych łączących porty na północy z portami na południu Francji kursują pociągi towarowe w ruchu wahadłowym z prędkością 200 km/h przy maksymalnym obciążeniu na oś wynoszącym 14 ton. Poważnym wyzwaniem jest ruch z maksymalnym



Rys. 2 Zawieszenie wózka Y25 wyposażonego w sprężynę „TKS”

naciskiem wynoszącym 25 ton/oś. W związku z przeprowadzonymi pracami w UIC można przewidywać, że w niedalekiej przyszłości będzie on uznany jako ruch międzynarodowy i poszczególne zarządy kolejowe będą musiały stopniowo przystosować linie kolejowe do zwiększonych wymagań. Nie można również wykluczyć, że wybrane linie kolejowe będą dostosowywane do coraz wyższych obciążeń (nawet 35 t/oś-ruch ten na wybranych liniach kolejowych USA, Meksyku i Kanady jest już od dawna stosowany). Osiągnięcia standaryzacyjne opublikowane w formie przepisów (raporty ERRI, karty UIC) będą bardzo długo podstawą podejmowania decyzji przy opracowywaniu nowych koncepcji wózków. Udoskonalanie rozwiązań wózków standardowych jest stosunkowo bezpieczną drogą rozwoju, która nie naraża potencjalnego użytkownika na ryzyko. Możliwość dalszego rozwoju wózków standardowych są bardzo duże, czego przykładem może być np. wózek typu Y25XLs(s)i-oznaczenie krajowe 15TNc oraz Y25XLs(s)if-oznaczenie krajowe 15TNd; wózki te są przystosowane do nacisku 25 t/oś i powstały na bazie wózków standardowych Y25Ls(s)i oraz Y25Ls(s)if (oznaczenia krajowe odpowiednio 3TNc oraz 3TNd). Wózki tego typu są przeznaczone dla wagonów towarowych kieszeniowych, posiadających obniżony poziom podłogi, w związku z czym są wyposażone dodatkowo w cylinder hamulcowy, nastawiacz klocków hamulcowych na wózku oraz opcjonalnie w przekładnik ciśnienia.

#### Literatura

- [1] Gessner R., Schienenverkehrslärm-Senkung der Rad/Schiene Geräusche. *EI-Eisenbahningenieur* Nr.53. 6.2002.
- [2] Heermant C., Poschmann I., Werkstoffe für rollendes Eisenbahnmateriale (53). *EI-Eisenbahningenieur* 8.2002
- [3] Hindersmann M., Mobile Radkraftwaage für Schienenfahrzeuge. *EI-Eisenbahningenieur*.Nr. 53. 2.2002.
- [4] Kure G., Schmiechen R., Rode W., Erhöhung der Zuverlässigkeit der Radsatzlager von Schienenfahrzeugen durch den Einsatz von Polyamidkäfigen. *ZEV-Rail. Glasers Annalen* Nr. 126. 8.2002
- [5] Müller Ch., Höhere Radsatzlasten bei geringer Beanspruchung? *EI-Eisenbahningenieur* (52) 7.2001
- [6] Specht W., Neue Erkenntnisse über das Verschleißverhalten von Güterwagen- drehgestellen. *Glasers Annalen* Nr 111.09.1987.
- [7] Wieloch B., Anhebung der Radsatzlasten von Güterwagen. *Eisenbahntechnische Rundschau*.06.1999.
- [8] Karta UIC 432, Wagon towarowy. Prędkości jazdy. Warunki techniczne, które należy spełnić. Wydanie 9 ze stycznia 2002.
- [9] Karta UIC 500, Normalizacja taboru transportowego i jego elementów. Zasady, procedury, wyniki. Wydanie 2 z grudnia 2000.
- [10] Karta UIC 505-1, Pojazdy kolejowe. Skrajnie pojazdów. Wydanie 9 z sierpnia 2002.
- [11] Karta UIC 510-1, Wagon towarowy. Układ biegowy. Normalizacja. Wydanie 9 z 1.01.1978; 14 zmiana z 01.01.1997.
- [12] Karta UIC 510-2, Pojazdy doczepne. Warunki dla stosowania kół o różnych średnicach w układach biegowych różnego typu. Wydanie 4 z października 2002
- [13] Karta UIC 510-3, Wagon towarowy. Badania stanowiskowe ram 2 i 3 osiowych wózków. Wydanie 1 z dnia 1.07.1994.
- [14] Karta UIC 510-5, Dopuszczenie techniczne kół monoblokowych. Wydanie 1 z grudnia 2002.
- [15] Karta UIC 515-3, Pojazdy kolejowe. Wózki-Układy biegowe. Metoda obliczania osi zestawów kołowych. Wydanie 1 z 1.07.1994.
- [16] Karta UIC 517, Wagon towarowy. Części zawieszenia resorowego. Normalizacja. Wydanie 6 z 1.01.1989.10 zmiana z 01.07.1997.
- [17] Karta UIC 518, Badania i homologacja pojazdów kolejowych z punktu widzenia właściwości dynamicznych, bezpieczeństwa jazdy, obciążenia toru i parametrów biegowych. Wydanie 2 z 10.2001.
- [18] Karta UIC 518-2, Uzupełnienie do karty UIC 518:Zastosowanie wagonów towarowych z naciskiem większym od 22.5t/oś do 25 t/oś. Projekt z 09.2003
- [19] Karta UIC 700, Klasyfikacja linii kolejowych. Przynależne granice obciążenia wagonów towarowych. Wydanie 9 z 1.07.1987.
- [20] Karta UIC 812-3, Warunki techniczne dostawy dla kół bezobrotowych z walcowanej stali niestopowej dla pojazdów napędnych i wagonów. Wydanie 5 z 1.01.1984
- [21] Karta UIC 822, Warunki techniczne dostaw sprężyn śrubowych naciskowych formowanych na gorąco lub na zimno dla pojazdów trakcyjnych i wagonów. Wydanie 5 z 11.2003.
- [22] Karta UIC 832,Warunki techniczne dostawy wstawek klocków hamulcowych z żeliwa fosforowego dla pojazdów trakcyjnych i wagonów. Wydanie 3 ze stycznia 2004.
- [23] PN-EN 10025, Wyroby walcowane na gorąco z niestopowych stali konstrukcyjnych. Warunki techniczne dostawy.12.2002.
- [24] Raport ERRI B12/Rp 56, Güterwagen. Standardisierung der Drehgestelle vom Typ Y25 mit radial einstellbaren Radsätzen. Utrecht 1993.