

Włodzimierz Choromański
Wydział Transportu P.W.

Jerzy Madej
Wydział SiMR (emeryt)

INNOWACYJNY UKŁAD BIEGOWY WAGONIKA KOLEJKI *PRT* DLA TOROWYCH ROZJAZDÓW PASYWNYCH

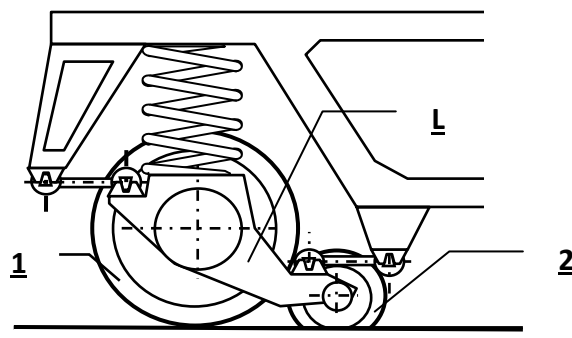
Streszczenie: W referacie omówiono innowacyjny układ biegowy dla wagonika kolejki systemu *PRT* (Personal Rapid Transit), zaprojektowany dla pokładowego sterowania marszruty w sieci torowej z rozjazdami pasywnymi. Omówiono szczegóły newralgicznych węzłów mechanicznych. Uwzględniono elementarne zagadnienia bezpieczeństwa ruchu w torze oraz zarysowano wybrane aspekty eksploatacyjnych zużyć okręgów tocznych.

1. ZESTAW KÓŁ POZBAWIONYCH OBRZEŻY, PROWADZONY DZIĘKI OBCYM OBRZEŻOM ROLKOWYM

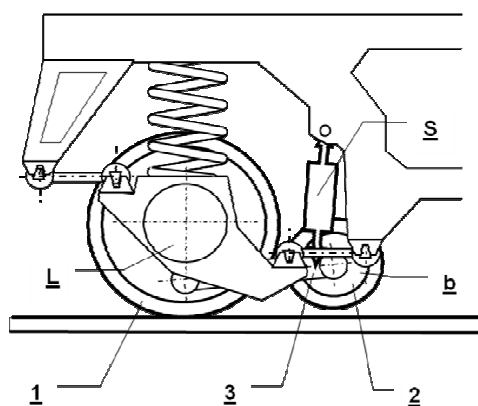
Pasywne rozjazdy kolei nawierzchniowej, pozbawione ruchomych części w infrastrukturze, przeznaczone do realizacji programowanych marszrut pojazdów szynowych w sieci torowej typu „pajęczyna”, wymagają sterowania najkorzystniej z wnętrza wagonika, za pomocą pokładowych urządzeń wykonawczych (siłowników). Wymaganie to stało się inspiracją do opracowania innowacyjnego rozwiązania układu biegowego w podwoziu wagonu kolejki *PRT* z kołami biegowymi zestawów pozbawionych obrzeży, oraz z *ruchomymi obrzeżami sterującymi*.

Innowacyjny układ biegowy dla kolejki *PRT* stanowi adaptację aktualnie patentowanego rozwiązania „Niekonwencjonalny zestaw kół biegowych z obcymi obrzeżami rolkowymi dla pojazdów szynowych” [1]. Rozwiązanie to zostało pokazane na rysunku 1.

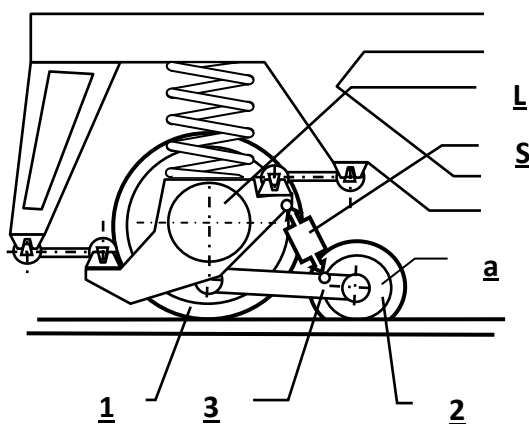
Natomiast układ techniczny będący przedmiotem pierwszej części niniejszego referatu, objęty pojęciem „*ruchome obrzeże sterujące*” [2], w dwóch wariantach konstrukcyjnych i odmiennych stanach roboczych został przedstawiony na rysunkach 2 i 3.



Rysunek 1. Obce obrzeże rolkowe 2, koła zestawu 1 pozbawionego obrzeża, osadzone obrotowo na stałe pod korpusem łożyska osiowego L.



Rysunek 2. Ruchome obrzeże sterujące 2 osadzone obrotowo na wahaczu 3 pod korpusem łożyska osiowego L, w pozycji biernej b, uniesionej przez siłownik S przyłączony do ramy wózka



Rysunek 3. Ruchome obrzeże sterujące 2 osadzone obrotowo na wahaczu 3 pod korpusem łożyska osiowego L, w pozycji aktywnej a, opuszczonej i zaryglowanej siłownikiem S przyłączonym do korpusu łożyska

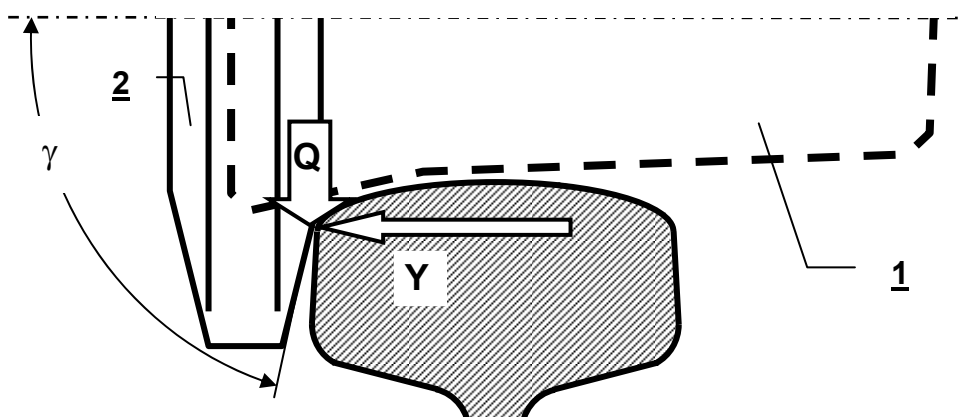
2. FUNDAMENTALNY ASPEKT BEZPIECZEŃSTWA PRZED WYKOLEJENIEM

Na potrzeby tematu pokrótce wejrzymy w fizyczne warunki bezpieczeństwa objęte kryterium Nadala [3] i opisane wzorem (1):

$$\frac{Y}{Q} = \frac{\operatorname{tg}\gamma - \mu}{1 + \operatorname{tg}\gamma} \quad (1)$$

gdzie: Y- siła boczna skierowana zgodnie z kierunkiem osi zestawu,
Q- pionowy nacisk koła na szynę,
 γ - kąt styku koła z szyną,
 μ - współczynnik tarcia w punkcie styku.

Rysunek 4 pokazuje wymownie, że przy zastosowaniu obcych obrzeży fizyczne warunki bezpieczeństwa przed wykolejeniem nie różnią się od warunków klasycznych.

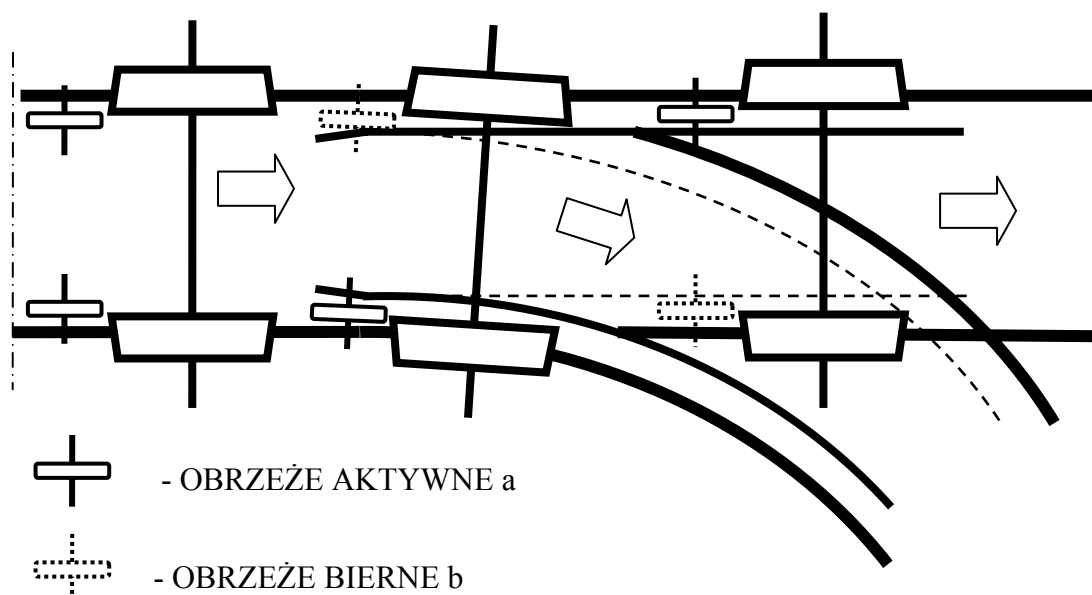


Rysunek 4. Praca obcego obrzeża 2 w warunkach nabiegania na szynę

3. UKŁAD TOROWY W OBREBIE ROZJAZDÓW PASYWNYCH

W warunkach uniesionego obcego obrzeża „zewnętrznego” 2 (zgodnie z rysunkami 2 i 5), prowadzenie wagonika w torze w obrębie pasywnego rozjazdu przejmują „wewnętrzne” obrzeże łuku oraz torowa listwa prowadząca, podobnie jak w systemie tramwajowym. Jednakże w systemie PRT uniesienie rolki 2 może trwać aż do momentu, gdy koło biegowe 1 znajdzie się poza krzyżownicą. Droga uniesionej rolki 2 może byćysterowana przez umieszczone w torze znaczniki na przykład magnetyczne.

Dzięki unoszonemu obrzeżu obcemu, rozjazd w obrębie krzyżownicy nie musi mieć zagłębienia dla pracy obrzeża klasycznego, jak to ma miejsce w znanych torowych układach kolejowych i tramwajowych. Rysunek 5 wyjaśnia zasadę budowy układu torowego w obrębie rozjazdu pasywnego.



Rysunek 5. Zasada i schemat budowy pasywnego rozjazdu kolejki PRT. Poszerzone koła biegowe 1 bez obrzeży oraz odpowiednio wypozycjonowane listwy prowadzące P pozwalają uniknąć pionowych nierówności toru oraz silnych wymuszeń dynamicznych w obrębie rozjazdu

4. WYTYCZNE DO PROJEKTOWANIA GEOMETRII WSPÓŁPRACY KÓŁ BIEGOWYCH Z SZYNAMI

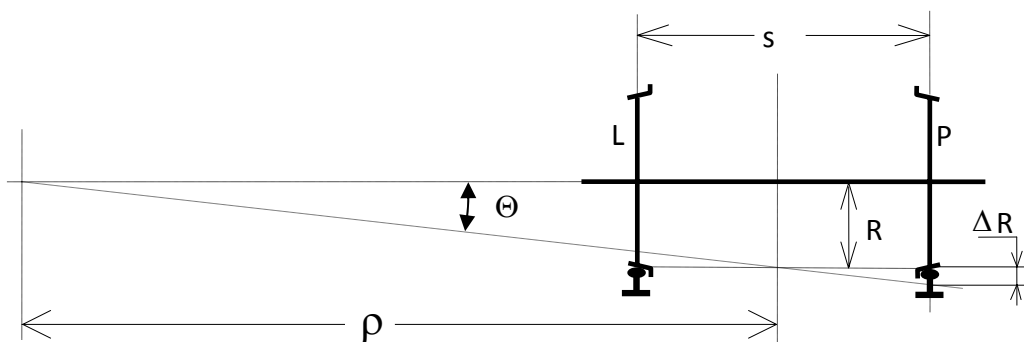
Kolejka PRT, jako przeznaczona do ruchu miejskiego, powinna być tak zbudowana, aby także w obrębie nieuniknionych krzywizn torowych o małym promieniu zapewniać możliwie małe zużycia eksploatacyjne profili toczonej kół biegowych 1. W tym celu należy opracować specjalny zarys profilu biegowego kół bezobrzeżowych (według rysunku 4) oraz zapewnić odpowiednie poszerzenia toru w łukach tak, aby praca zestawów kołowych zachodziła w warunkach bliskich radialności ich położenia. Szczegółowe opracowanie tego postulatu wymaga rozległych prac i znacznie wykracza poza ramy pojedynczego referatu. Dlatego w tym miejscu skupimy uwagę jedynie na elementarnych zagadnieniach związanych z radialnością zestawów.

Dobra 'radialność' pojedynczego zestawu jest zapewniona, gdy, zgodnie z rysunkiem 6, spełniona jest zależność (2) wynikająca z bilansu prędkości skrętnego napinania w łuku torowym sprężystej osi zestawu oraz mikropoślizgowego odprężania tej osi [4].

$$\frac{d\varphi_{odpr}}{dt} \geq \frac{d\varphi_{nap}}{dt} \quad (2)$$

co się pokrywa z warunkami geometrycznymi (3):

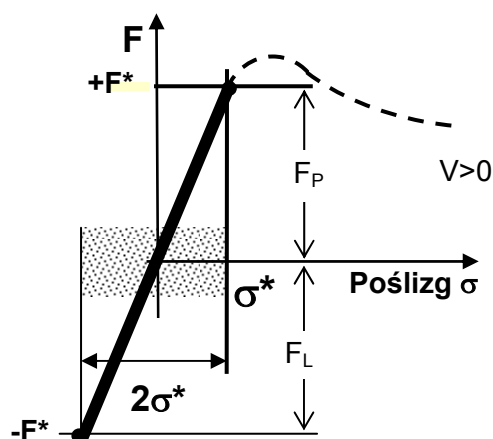
$$\frac{s}{\rho} \geq \frac{2\Delta R}{R} \quad (3)$$



Rysunek 6. Geometria położenia pojedynczego zestawu w łuku toru o szerokości s i promieniu ρ

Jednakże, gdy dwa zestawy są skrupowane więzami wspólnej ramy, to sprężyste napinanie skrętne osi w łuku torowym oraz mikropoślizgowe odprężanie osi dodatkowo zależy od rozstawu osi zestawów pod ramą pojazdu (wózka). Ten zakres zagadnień znacznie wykracza poza ramy referatu.

Eksploatacyjnie dopuszczalne napięcie osi jest ściśle związane z zakresem mikropoślizgów σ^* (F^*) wywiązywanymi pomiędzy kołem bieżącym nośnym a szyną.



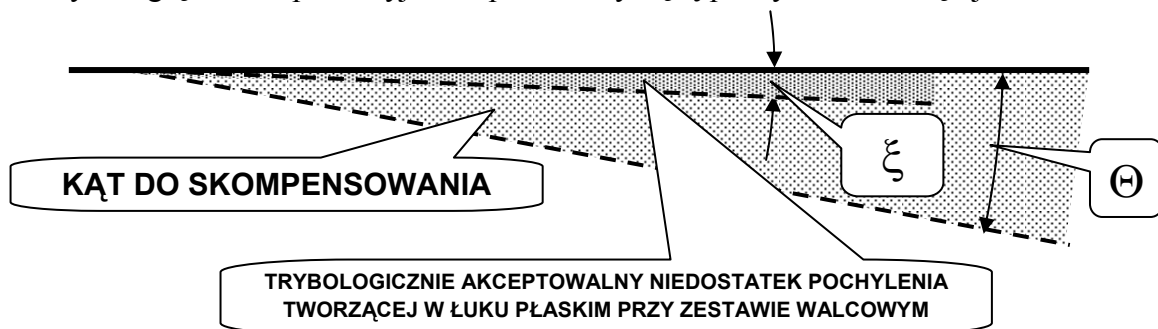
Rysunek 7. Eksploatacyjnie dopuszczalny obszar trakcyjnej współpracy koła i szyny (od $-F^*$ do $+F^*$)

Widzimy, że istnieje trybologicznie (oraz trakcyjnie) dopuszczalny graniczny promień krzywizny toru ρ_{gran} w odpowiednim skojarzeniu z profilem zarysu kół bieżących.

$$\rho_{gran} = \frac{s}{2\sigma^*} = \frac{s \cdot c}{2F^*} \quad (4)$$

gdzie: c- stała Cartera,
s- rozstaw szyn.

Zatem wyznaczając trybologicznie uzasadniony profil zarysu poszerzonego, nieklasycznego koła biegowego na szynie, oraz odpowiednie poszerzenie toru w łuku, należy uwzględnić eksploatacyjnie dopuszczalny kąt ξ pochylenia tworzącej stożka.



Rysunek 8. Zasada technicznej kompensacji niedostatku kąta pochylenia tworzącej stożka zapewniającego radialny ruch pojedynczego zestawu w łuku toru

$$\Theta = \arctg \frac{s}{2\rho} \quad (5)$$

$$\xi \approx \arctg \frac{F^*}{c} \approx \arctg \frac{Q \cdot \psi(V)}{c} \quad (6)$$

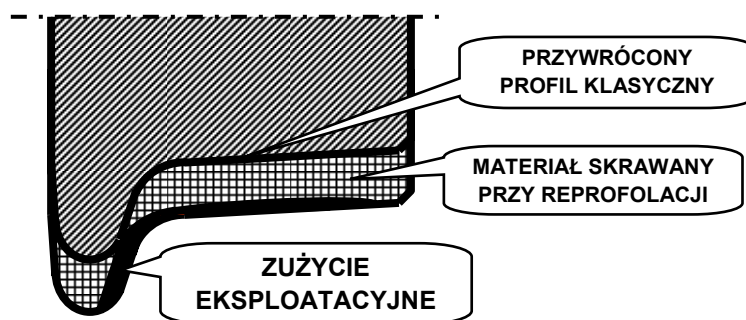
gdzie: ψ - współczynnik przyczepności w funkcji prędkości jazdy V.

5. WNIOSKI DROŻENIOWE

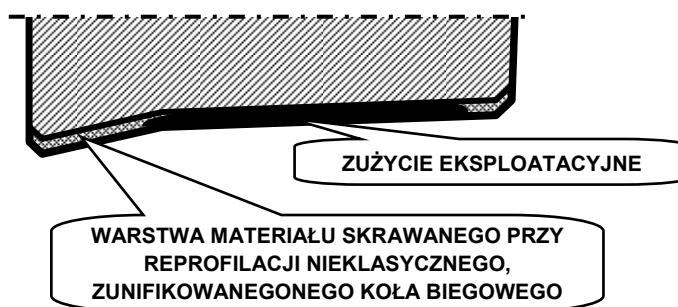
Techniczne rozwiązanie układu biegowego pojazdu szynowego z obcymi obrzeżami otwiera poważne perspektywy innowacyjne w transporcie szynowym zwłaszcza miejskim:

- zapewnia taki sam stopień bezpieczeństwa przed wykolejeniem;
- poważnie zmniejsza koszty reprofilacji kół biegowych, gdyż obce obrzeża rolkowe pracują krótkotrwale, są niewielkie, relatywnie tanie i łatwe do szybkiej wymiany z kanału bez złożonych i kosztownych operacji naprawczych zaś warstwa materiału przy reprofilacji koła biegowego jest znacznie cieńsza niż w przypadku zarysu koła klasycznego. Odpowiednią ilustrację pokazano na rysunkach 9 i 10.

- upraszcza infrastrukturę, przenosząc mechaniczne elementy sterujące do wagoników, co pozwala na należyte utrzymanie ich stanu technicznego podczas okresowych napraw pod dachem;



Rysunek 9. Materiał skrawany podczas reprofilacji klasycznego koła pojazdu szynowego



Rysunek 10. Materiał skrawany podczas reprofilacji nieklasycznego koła bezobrzeżowego

Bibliografia

- [1] Zespołowe zgłoszenie patentowe w Instytucie Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu (w toku postępowania): Niekonwencjonalny zestaw kół bieżowych z obcymi obrzeżami rolkowymi dla pojazdów szynowych.
- [2] Choromański W., Madej J.: Mechaniczne urządzenie bieżowe - prowadzące dla pokładowego rozrządu trasy wagonika kolejki szynowej. Zgłoszenie patentowe w Programie ECO-Mobilność (w toku postępowania).
- [3] Zeng J., Guan Q., H.: Study on flange climb derailment criteria of a railway wheelset. Vehicle System Dynamics, 2008, vol.46, No3, s. 239-251.
- [4] Madej J.: Układ napędowy dla tramwaju o wysokiej efektywności trakcyjnej w łukach toru o małym promieniu krzywizny i w obrębie relatywnie stromych wzniesień XVIII KONFERENCJA NAUKOWA POJAZDY SZYNOWE; Katowice - Ustroń, 17 - 19 września 2008.

INNOVATIVE RUNNING GEAR OF THE PRT RAILWAY WAGONS FOR RAIL NETWORK WITH PASSIVE TURNOUTS

Abstract: The paper describes an innovative running gear designed for a wagon of the Personal Rapid Transit (PRT) railway system. The main focus of innovation is “strange”, vertically movable roller as security guidance flange, affiliated to every “flatly” mould wheel of carrying wheelset. The solution is shown on illustrations in details.

Assumed network of tracks is cobweb type. The switching gear is controlled automatically (or even manually) from insight of the wagon to accomplish “deck control of itinerary” by means of servo-motors, vertically replacing strange flanges, properly locked in extreme points.

The mechanical part of running gear is designed appropriately to cooperate with passive turnouts of rail network. Principle of the passive turnout is outlined and discussing also.

Proper place in the paper was devoted to security against derailment.

One of vital aspects of discussed solution is low cost of periodical correction of running wheels profile (re-mould) after exploitation.

Presented design enables passengers to choose only final point of journey. All switching (on board) processes are automatic according to current traffic events inside the cobweb of track.

Conclusions bring certainty for successful application - if decided to apply.