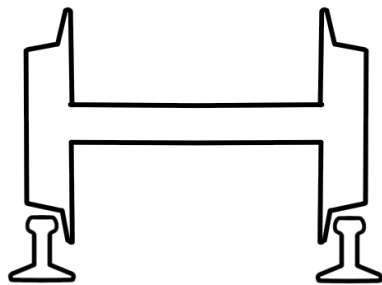


5

mała delta

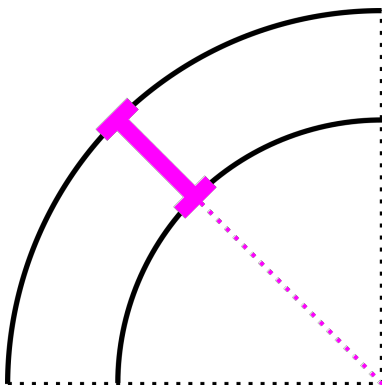
Jeszcze trochę o geometrii kolejowej

W poprzednim numerze *Delty*, w artykule Macieja Ogrodnika, mogliśmy przeczytać o kształtach krzywych, wzdłuż których tory na zakrętach układa się tak, aby zapewnić jak najlepszy komfort pasażerom pociągu. Przy okazji warto się zastanowić, jak to się dzieje, że pociąg jedzie po szynach nie tylko prostych, ale również zakrzywionych.



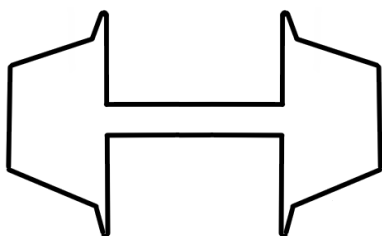
Rys. 1

Dlaczego pociąg nie wypada z szyn? Każdy, kto widział koła pociągu z bliska (albo bawił się modelem kolejki), wie, że po wewnętrznej stronie koła mają szerokie obrzeże, które wychodzi poniżej główki szyny, co zapobiega zsuwaniu się kół z szyn (rys. 1). Te poszerzone obrzeża kół służą dokładnie temu celowi, ale nie jest to główny mechanizm, dzięki któremu pociąg trzyma się torów – jest to raczej *zabezpieczenie* przed wykołnieniem w sytuacjach, kiedy *główny* mechanizm odpowiedzialny za gładkie toczenie się pociągu po szynach z jakiegoś powodu zawodzi. Sytuacje, kiedy obrzeże szoruje o bok szyny, bardzo łatwo rozpoznać, bo słychać wtedy charakterystyczny głośny pisk. Dzieje się tak, kiedy pociąg przejeżdża przez mocno powykrzywiane tory na zwrotnicach kolejowych, albo kiedy tramwaj skręca po ostrym zakręcie na skrzyżowaniu ulic. Na prostych odcinkach torów i łagodnych łukach tego charakterystycznego pisku praktycznie nigdy nie słychać.



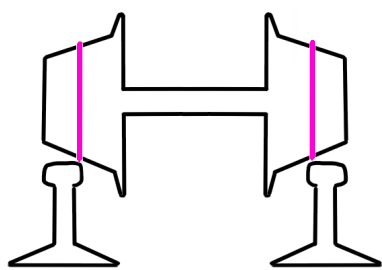
Rys. 2

Z pokonywaniem zakrętów przez wielośladowe pojazdy kołowe związany jest jeszcze jeden problem. Na zakręcie koła znajdujące się po zewnętrznej stronie poruszają się po większym łuku niż koła znajdujące się po stronie wewnętrznej. W samochodach problem ten rozwiązuje się w ten sposób, że koła nienapędzane poruszają się swobodnie niezależnie od innych, natomiast koła na osi napędzanej połączone są z resztą układu napędowego za pośrednictwem tzw. mechanizmu różnicowego, umożliwiającego właśnie poruszanie się kół z różnymi prędkościami. W pociągach jest inaczej – koła znajdujące się na jednej osi są połączone na sztywno – często lewe i prawe koło razem z łączącym je wałem stanowią jeden odlany z formy kawał stali. Oba koła muszą więc zawsze obracać się z tą samą prędkością kątową. Jak więc pociąg pokonuje zakręty? Czy jedno z kół musi się ślizgać?



Rys. 3. Przekrój osi z dwoma kołami. Proporcje na rysunkach 3, 4 i 5 nie są zachowane. W rzeczywistości koła są oczywiście znacznie węższe, a nachylenie tworzącej stożka mniejsze. Tutaj rysujemy bez zachowania proporcji, żeby mechanizm był wyraźnie widoczny

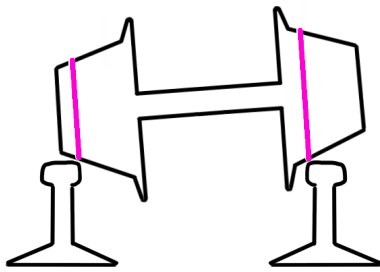
Okazuje się, że rozwiązanie tych wszystkich problemów jest bardzo proste. Powierzchnia koła pociągu, która toczy się po szynie, nie jest powierzchnią walca, a powierzchnią stożka (rys. 3). Obwód koła maleje w miarę oddalania się od obrzeża znajdującego się po wewnętrznej stronie koła. Taki kształt kół stabilizuje pociąg w jeździe po prostej, jak również pozwala na gładkie, bezpoślizgowe pokonywanie łuków.



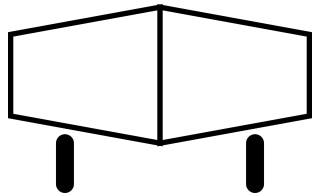
Rys. 4. Dwa koła na jednej osi jadące prosto

Jeżeli tory są proste, to wystarczy, aby oś z kołami toczyła się symetrycznie, czyli tak, aby promienie okręgów, wzdłuż których oba koła toczą się po szynach, były równe (rys. 4).

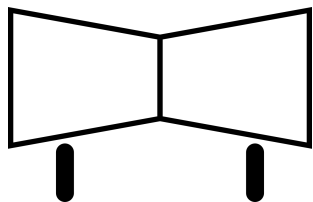
Jeżeli w czasie jazdy po prostej zdarzy się tak, że któraś z osi wagonu przesunie się odrobinę w bok, np. w prawo, to koło znajdujące się po prawej stronie będzie się toczyć po szynie tą częścią stożkowej powierzchni, której obwód jest większy niż obwód toczący się po szynie po lewej stronie. Prawe koło będzie więc pokonywać większy dystans niż lewe (rys. 5). Kiedy jedno koło pokonuje większy dystans niż drugie, oznacza to, że oś porusza się po łuku, w tym wypadku w lewo, czyli oś będzie skręcać w lewo i dążyć do



Rys. 5. Dwa koła na jednej osi podczas pokonywania zakrętu w lewo. Prawe (zewnętrzne) koło pokonuje dłuższą drogę niż lewe (wewnętrzne), ponieważ obwód prawego koła w miejscu styku z szyną jest większy niż obwód lewego koła w miejscu jego styku



Rys. 6



Rys. 7

skompensowania tego odchylenia od sytuacji symetrycznej. Jeżeli „z rozpędu” oś przejdzie przez położenie symetryczne i wychyli się w drugą stronę, to analogiczny mechanizm zawróci ją z powrotem do położenia równowagi. Jasne jest zatem, że istnieje mechanizm stabilizujący toczącą się po szynach oś, zwracający ją do położenia równowagi, nawet wtedy, kiedy zostanie z niego wychylona.

A co z zakrętami? Na zakręcie oś przesuwana się w stronę zewnętrznej szyny i koło zewnętrzne toczy się większym obwodem niż wewnętrzne. Skąd wiadomo, jak daleko ma się przesunąć? Po prostu na zakręcie położenie równowagi się zmienia – im mniejszy promień skrzywienia, tym większa musi być asymetria w ustawieniu osi. Jeżeli asymetria będzie zbyt duża lub zbyt mała, to ten sam mechanizm, który stabilizuje toczenie po prostej, zadziała w jeździe po łuku, zmieni się tylko położenie równowagi, wokół którego będą występowały ewentualne oscylacje.

Opisany tu mechanizm działa niezależnie od szerokiej obrzeży kół, których piskliwego kontaktu z bokami szyn chcielibyśmy za wszelką cenę unikać – w trosce o komfort pasażerów (a także z innych powodów). Odstęp między obrzeżami jest trochę mniejszy niż rozstaw szyn, właśnie po to, żeby mógł działać opisany tu mechanizm i aby obrzeża nie tarły o boki szyn cały czas. Dodatkowo na zakrętach, w zależności od promienia krzywizny, czasem szyny montuje się w odległości większej niż na prostych odcinkach torów – po to, żeby obrzeże wewnętrznego koła znalazło się dalej od boku szyny i żeby koło to mogło toczyć się mniejszym obwodem. Gdy ten geometryczny mechanizm stabilizacji nie wystarcza, dochodzi do głośnego kontaktu szerokiego obrzeża koła z boczną powierzchnią szyny. Jak napisałem na początku, ten drugi stopień zabezpieczenia przed wykolejeniem *włącza* się dopiero wtedy, gdy główny mechanizm okazuje się niewystarczający.

Żeby w praktyce przekonać się, jak działa mechanizm stabilizujący ruch pociągu po szynach, zachęcamy Cię, Czytelniku, do wykonania prostego doświadczenia. W tym celu dwa jednorazowe kubki papierowe skleamy ze sobą brzegami, jak na rysunku 6. Tak przygotowany kształt możemy toczyć po torach zrobionych z dwóch równo oddalonych listewek lub linijek. Tor wygodnie jest pochylić tak, żeby pojazd toczył się samoczynnie pod wpływem grawitacji. Jeżeli zacniemy od niesymetrycznego położenia początkowego, to zaobserwujemy, że kubki toczą się „slalomem”, ale pozostają na torze. Jeżeli tor będzie wystarczająco długi i prosty, to zaobserwujemy, że oscylacje naturalnie wygasają i toczenie się stabilizuje. Aby przetestować jazdę w zakrętach, można wyciąć krzywe tory, np. z kartonu (kształty takich krzywych opisane były w poprzednim numerze *Delty*). Efekt stabilizowania się ruchu, który widać w tym prostym doświadczeniu, ma fundamentalne znaczenie w kolejnictwie. Żeby się przekonać, że nie każdy kształt tak ładnie się toczy, można też kubki skleić denkami, jak na rysunku 7, i próbować je toczyć po szynach. Łatwo się przekonamy, że taki kształt toczy się w sposób bardzo niestabilny, nawet po prostym torze – minimalne odchylenie od symetrycznego położenia względem toru wykazuje tendencję do dalszego pogłębiania się i szybko prowadzi do „wykolejenia”. Dociekliwy Czytelnik może poeksperymentować z innymi kształtami.

Widzimy, że dla komfortu pasażerów nie tylko kształt torów jest niezwykle ważny, ale również kształt kół. Od komfortu jeszcze ważniejsze jest jednak bezpieczeństwo. Aby pociąg stabilnie się toczył i nie wykolejał, bardzo ważne jest, żeby koła były odpowiednio wyprofilowane. Dlatego produkcja kół wymaga dużej precyzji, a w czasie eksploatacji kształt kół jest sprawdzany podczas regularnie przeprowadzanych przeglądów. Zużyte koła poddaje się ponownej obróbce w celu przywrócenia im właściwego kształtu lub wymienia na nowe, jeżeli nie nadają się do naprawienia.

Szymon CHARZYŃSKI