

Możliwości oceny bezpieczeństwa jazdy wagonów towarowych na etapie projektowania.

Praca jest kontynuacją zagadnień związanych z bezpieczeństwem jazdy wagonów towarowych po torach wchrowatych. Przedstawiono w niej możliwości oceny bezpieczeństwa jazdy wagonów towarowych na etapie projektowania z wykorzystaniem obliczeń i nomogramu na podstawie wyników z wykonanych badań stosowanych przykładów.

1. Wprowadzenie

Proces projektowania pojazdu wózkowego jest realizowany na podstawie danych wyjściowych (założeń) niezbędnych do prowadzenia prac konstrukcyjnych.

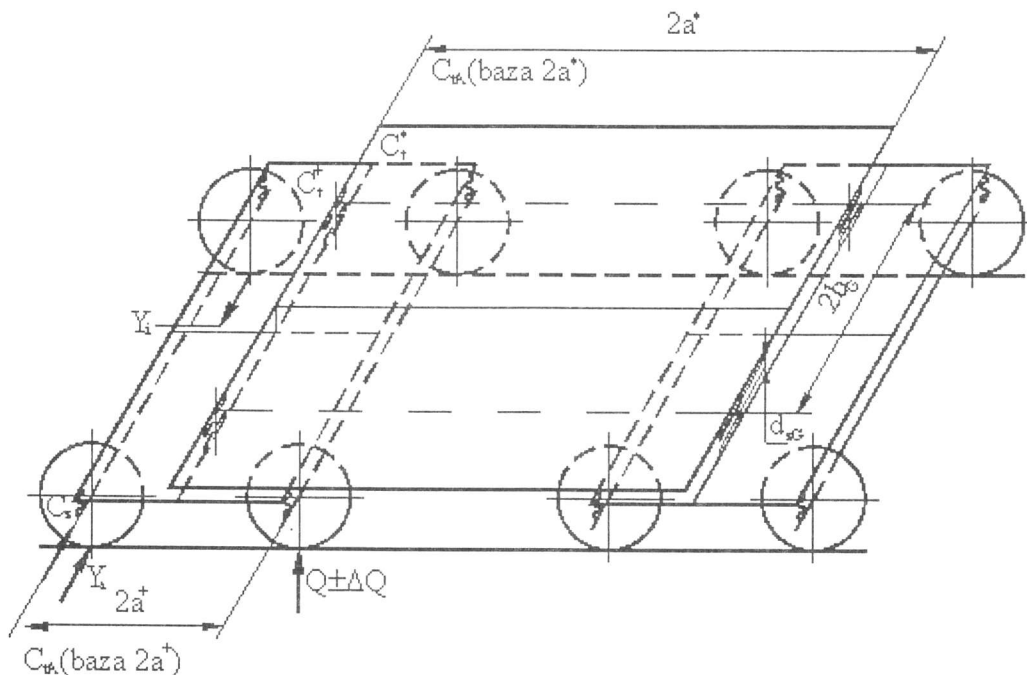
W zakres danych wyjściowych między innymi wchodzi: rodzaj wagonu, rodzaj układu biegowego, typ hamulca, masa wagonu, baza wagonu $2a^*$ oraz prędkość, z jaką dany wagon może kursować. Są to również podstawowe dane do oceny wagonu na etapie projektowania w aspekcie wymagań ORE-B55 Rp.8 [4]. Niezbędne do oceny są również wyniki badań stanowiskowych i statystycznych [1] dotyczących danego rodzaju wagonu.

2. Ocena wagonu na etapie projektowania w świetle spełnienia wymagań ORE-B55 Rp.8

Na rysunku 1 przedstawiono model wagonu 4-osowego wraz z wybranymi przykładowo parametrami.

Dane wyjściowe:

- rodzaj wagonu – cysterna,
- rodzaj układu biegowego – wózki typu 1XTA/B,
- rozstaw osi układu biegowego $2a^+$ - 2000 mm,
- baza wagonu $2a^*$ - 7000 mm,
- parametr charakteryzujący układ biegowy - $\text{tg}(\bullet + \bullet) = 0,25$ gdzie:
 - – kąt pochylenia profilu obrzeża koła w punkcie styku z szyną do linii równoległej do osi zestawu kołowego,
 - – kąt jaki tworzy siła normalna z wypadkową sił Y i Q ,
- nacisk koła na szynę $Q_{on} = 28$ kN,
- całkowita sztywność skrętna pojazdu wózkowego, zredukowana do rozstawu czopów skrzytu ($2a^*$) - $C_{tA}(\text{baza } 2a^*)$ [kN/‰ 2],
- sztywność skrętna wózka zredukowana do rozstawu osi wózka ($2a^+$) - $C_{tA}(\text{baza } 2a^+)$ [kN/‰ 2],
- różnica nacisku kół na torze poziomym • Q_{omax} [kN].



Rys. 1. Model wagonu towarowego – wózkowego

2.1. Obliczenia – wariant I

W wariantcie I przeprowadzono obliczenia z wykorzystaniem wartości oczekiwanych parametrów sztywności skrętnej, takich jak: $\bar{C}_{tA(baza2a^+)}$, $\bar{C}_{tA(baza2a^*)}$ oraz $\Delta\bar{Q}_{o\max}$.

Wichrowatość toru, po jakim analizowany wagon może przejeżdżać zgodnie z kryterium ORE-B55 Rp.8 wynosi:

$$g_p = 15(2a^*)^{-1} \cdot 10^3 + 2 \text{ [‰]} \quad (1)$$

Po wprowadzeniu danych będzie:

$$g_p = 4,14 \text{ [‰]}$$

Maksymalne możliwe zwichrowanie wagonu g^* wyznacza się z algorytmu (33) [1]

$$g^* = (0,6552 \cdot Q_{on} \cdot Q_{0\max}) [C_{tA(baza2a^*)}]^{-1} + C_{tA(baza2a^+)} \cdot g^+ \cdot [C_{tA(baza2a^*)}]^{-1} \text{ [‰]} \quad (2)$$

gdzie:

$Q_{on} = 28$ [kN] (wg danych wyjściowych),

$\Delta\bar{Q}_{o\max} = 7,01$ [kN] (z tabeli nr 25 w pracy [1]),

$\bar{C}_{tA(baza2a^*)} = 4,032$ [kN/‰] (z tabeli nr 19 w pracy [1]),

$\bar{C}_{tA(baza2a^+)} = 1,19$ [kN/‰] (z tabeli nr 20 w pracy [1]),

$g^+ = 7 \cdot 5(2a^+)^{-1} \cdot 10^3 = 4,22$ [‰] [4]

Podstawiając dane do zależności (2), otrzyma się:

$$g^* = 1,57 \text{ [‰]}$$

Wartość luzów na ślizgach bocznych $2dz_G$ wyznacza się z zależności (40) [1]:

$$2dz_G = (g_p - g^*) \cdot 2a^* \cdot 1764,7^{-1} \text{ [mm]} \quad (3)$$

Podstawiając dane otrzyma się:

$$2dz_G = 10,2 \text{ [mm]}$$

Wartość luzu na jednym ślizgu (rys. 1) będzie wynosić:

$$dz_G = 0,5 \cdot 10,2 = 5,1 \text{ [mm]}$$

Określenie maksymalnej wichrowatości toru $g_{(baza2a^*)}$, jaką wagon może bezpiecznie przejeżdżać (35) [1]:

$$g_{(baza2a^*)} = g^* + 2dz_G(2a^*)^{-1} \cdot 1764,7 \text{ [‰]} \quad (4)$$

Po wprowadzeniu danych liczbowych otrzyma się:

$$g_{(baza2a^*)} = 4,14 \text{ [‰]}$$

Sprawdzenie kryterium ORE-B55 Rp.8, które jest określone zależnością:

$$g_{(baza2a^*)} \cdot g_p \quad (5)$$

Porównując wyniki widać, że zależność ta została spełniona i tym samym projektowany wagon spełnia wymagania w zakresie bezpieczeństwa jazdy po wichrowatym torze.

2.2. Obliczenia – wariant II

Analizę wg wariantu I można przeprowadzić powtórnie dla tych samych parametrów opracowanych statystycznie, z uwzględnieniem przedziałów ufności - ich górnej granicy, która stawia ostrzejsze wymagania ze względu na ważność

rozpatrywanego zagadnienia. Wprowadzenie danych z przeprowadzonych badań statystycznych:

$$\Delta\bar{Q}_{o\max} \pm \sigma\bar{Q}_{o\max} \cdot t_{0,05/n-1} \Leftrightarrow 7,01 \pm 4,019 \text{ [kN]} \quad (6)$$

(z tabeli nr 25 [1])

Przyjęto wartość: 11,029 [kN]

$$\bar{C}_{tA(baza2a^*)} \pm \sigma\bar{C}_{tA(baza2a^*)} \cdot t_{0,05/n-1} \Leftrightarrow 4,032 \pm 1,604 \text{ [kN/‰]} \quad (7)$$

(z tabeli nr 19 [1])

Przyjęto wartość: 5,636 [kN/‰]

$$\bar{C}_{tA(baza2a^+)} \pm \sigma\bar{C}_{tA(baza2a^+)} \cdot t_{0,05/n-1} \Leftrightarrow 1,19 \pm 0,019 \text{ [kN/‰]} \quad (8)$$

(z tabeli nr 20 [1])

Przyjęto wartość: 1,209 [kN/‰].

Pozostałe parametry jak w obliczeniach – wariant I.

Obliczenia parametrów, które ulegają zmianie:

- maksymalne możliwe zwichrowanie wagonu g^* oblicza się z zależności (33) [1]; po podstawieniu danych otrzymuje się: $g^* = (0,6552 \cdot 28 - 11,029)(5,636)^{-1} - 1,209 \cdot 4,22(5,636)^{-1}$ [‰], ostatecznie $g^* = 0,393$ [‰]

- wartość luzów na ślizgach bocznych $2dz_G$ wyznacza się z zależności (40) [1] i po podstawieniu danych otrzymuje się:

$$2dz_G = (4,14 - 0,393) \cdot 7000 \cdot (1764,7)^{-1}$$

stąd $2dz_G = 14,86$ [mm],

Przyjęto $2dz_G = 15$ [mm].

Wartość luzu na jednym ślizgu (rys. 1) będzie wynosić:

$$dz_G = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ [mm]}$$

Tak oszacowana wartość luzu zostaje wprowadzona do konstrukcji projektowanego wagonu. Wartość ta musi być zweryfikowana po wykonaniu prototypu wagonu i przeprowadzeniu badań stanowiskowych sztywności skrętnej, zgodnie z wymaganiami ORE-B55 Rp.8. Obliczenia parametrów determinujących bezpieczeństwo jazdy po torze wichrowatym zgodnie z kryterium ORE-B55 Rp.8 należy przeprowadzić wg wariantu II, korzystając z wyników badań doświadczalnych i teoretycznych [1,2,3], na etapie projektowania wagonu.

Na zakończenie analizowanego przykładu sprawdza się jeszcze, czy maksymalne możliwe zwichrowanie toru $g_{(baza2a^*)}$ (35) [1], jakie wagon projektowany może bezpiecznie przejeżdżać, spełnia kryterium ORE-B55 Rp.8.

$$g_{(baza2a^*)} \cdot g_p \text{ wg ORE-B55 Rp.8}$$

$$g_{(baza2a^*)} = g^* + 2dz_G \cdot (2a^*)^{-1} \cdot 1764,7 \text{ [‰]}$$

Po wprowadzeniu danych otrzyma się:

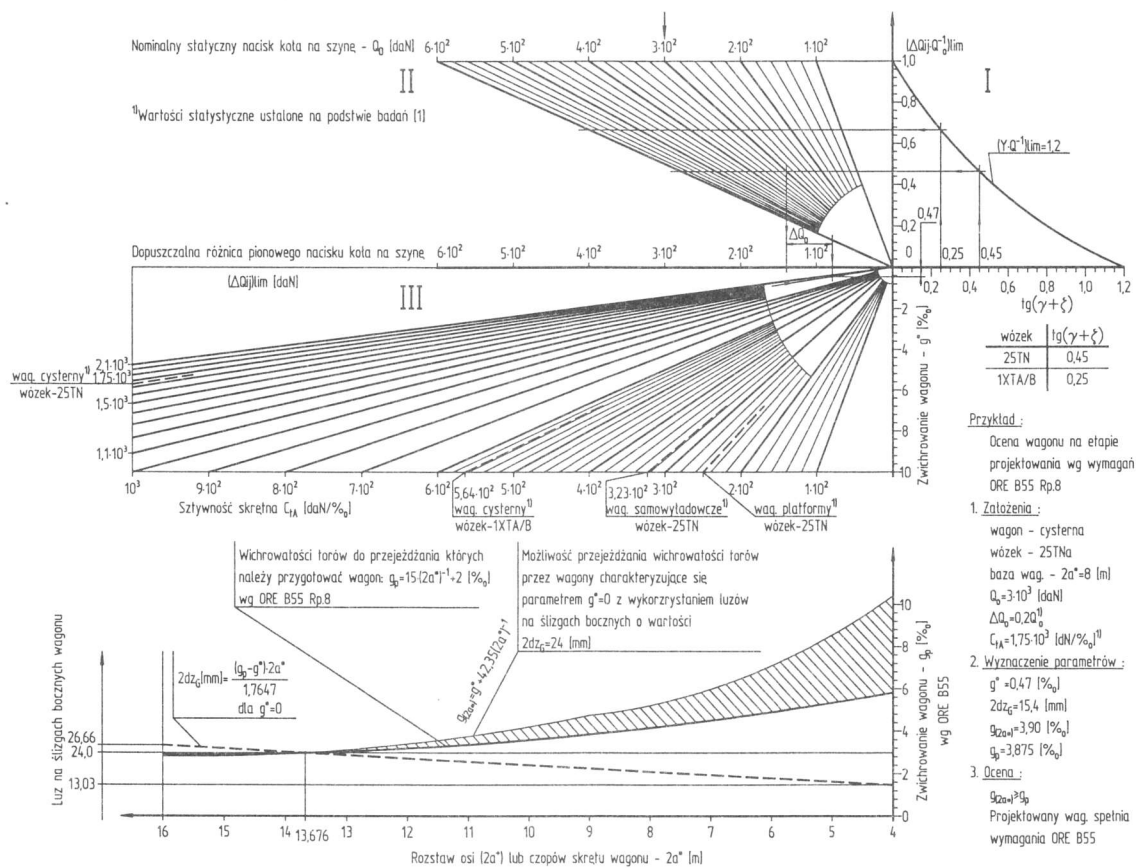
$$g_{(baza2a^*)} = 4,17 \text{ [‰]}, \text{ czyli}$$

$$g_{(baza2a^*)} > g_p = 4,14 \text{ [‰]}$$

Oznacza to, że projektowany wagon spełnia wymagania stawiane przez UIC-ORE-B55 Rp.8.

3. Ocena spełnienia wymagań ORE-B55 Rp.8 na etapie projektowania wagonu przy uwzględnieniu nomogramu i wyników badań statystycznych

Opracowany nomogram (rys. 2), wzbogacony wynikami badań statystycznych sztywności skrętnej, ma umożliwić konstruktorowi przeanalizowanie w sposób szacunkowy bezpieczeństwa jazdy na wichrowatym torze już w okresie projektowania pojazdu.



Rys. 2. Nomogram dla określenia zwichrowania wagonu

Za pomocą nomogramu można określić wykreślnie dopuszczalne zwichrowania pojazdu g^* na granicy wykolejenia. Parametrem wyjściowym jest $\lg(\gamma + \zeta)$ naniesiony w I ćwiartce wykresu, który wyznacza się bądź na podstawie pomiarów sił Y i Q , bądź też przyjmuje się szacunkowo na podstawie uprzednio wykonanych pomiarów sił Y i Q [4] w układach biegowych pojazdu podobnego do projektowanego.

Następnie w ćwiartce I nomogramu prowadzi się pionową linię do przecięcia z linią, odpowiadającą granicy wykolejenia $(Y \cdot Q^{-1})_{lim} = 1,2$. Z tego punktu przecięcia prowadzi się linię poziomą w lewo aż do przecięcia w ćwiartce II z prostą odpowiadającą danemu naciskowi koła Q_0 . Z tego punktu przecięcia prowadzi się linię pionowo w dół, aż do przecięcia z osią odciętych, otrzymując dopuszczalną różnicę nacisku koła na szynę $(\Delta Q_{ij})_{lim}$. Odejmując od $(\Delta Q_{ij})_{lim}$ wartość ΔQ_{0max} , otrzymuje się ΔQ_{lim} . Następnie w ćwiartce III nomogramu prowadzi się linię (od wartości ΔQ_{lim}) pionową w dół aż do przecięcia się z odpowiednią prostą C_{1A} . Prowadząc z tego punktu linię poziomą do przecięcia się z osią rzędnych, otrzymuje się w konsekwencji maksymalne możliwe zwichrowanie g^* pojazdu w [%]. Maksymalne dopuszczalne g^* do przejeżdżania zwichrowanego toru jest większe o wartość wynikającą z dopuszczalnego uniesienia do góry koła prowadzącego (pionowy wymiar między powierzchnią główki szyny a okręgiem tocznym podniesionego koła). Wartość dopuszczalnego podniesienia koła wynosi przy standardowym profilu około 5 mm. Przy wzniesieniu koła ponad tę wartość punkt styku koła z szyną rozpoczyna przemieszczać się w kierunku wierzchołka obrzeża koła i

się w kierunku wierzchołka obrzeża koła i może dojść do wykolejenia, bez dalszego wzrostu siły prowadzącej Y . Maksymalne dopuszczalne do przejeżdżania zwichrowanie toru wyniesie więc:

$$g^* + \frac{5 \cdot 1000}{2a^*} [\%] \quad (43) \quad [1] \quad (9)$$

Mając wyznaczony na podstawie nomogramu parametr g^* , określający maksymalne możliwe zwichrowanie wagonu, można wykreślnie lub analitycznie oszacować wielkość luzów na ślizgach bocznych $2dz_g$. Korzystanie z nomogramu jest przedstawione na przykładzie podanym na rysunku nomogramu (rys. 2).

4. Podsumowanie

Dysponując wynikami badań doświadczalnych i teoretycznych dotyczących bezpieczeństwa jazdy wagonów towarowych po torach wichrowatych spełniających kryteria UIC ORE B55 Rp.8, można na etapie projektowania wagonów oszacować czy spełniają one powyższe wymagania.

Informacje takie ułatwiają procesy konstrukcyjne, zmierzające do wykonania optymalnego wagonu ze względu na bezpieczny przejazd przez wichrowaty tor.

Literatura

- [1] Szymański M.: *Określenie danych doświadczalnych i teoretycznych dla oceny na etapie projektowania wagonów towarowych w aspekcie bezpiecznej jazdy po torze wchrowatym (zgodnie z wymogami ORE B-55 Rp.8), OR-6417 1981, IPS.*
- [2] Szymański M.: *Opracowanie teoretycznych podstaw obliczeń sztywności skrętnej wagonów w oparciu o prace ORE B-55 Rp.8 i wyniki uzyskane z badań, OR-6237/1979, IPS.*
- [3] Szymański M.: *Sztywność skrętna pojazdów szynowych w aspekcie bezpiecznej jazdy po wchrowatym torze, OR-6074 1978, IPS.*
- [4] UIC ORE B55 Rp. 8.: *Bezpieczeństwo przed wykolejeniem wagonów towarowych na zwichrowanym torze, Utrecht 1983.*