

Wyznaczanie dopuszczalnego zarysu pojazdu w oparciu o skrajnie pojazdów szynowych i budowli

W artykule przedstawiono nowe podejście do wyznaczania dopuszczalnego zarysu pojazdu, biorąc za podstawę zarys odniesienia „kinematycznej skrajni budowli”. Od tego zarysu odejmuje się sumaryczne zwężenia wewnętrzne oraz zewnętrzne, które zależą od parametrów geometrycznych pojazdu oraz infrastruktury i otrzymuje się dopuszczalny zarys pojazdu. Zaletą nowego podejścia jest uwzględnienie wszystkich czynników, wpływających na efektywny zarys pojazdu oraz możliwość wyznaczenia udziału poszczególnych parametrów na wielkość zwężeń. Artykuł przedstawia problematykę skrajni kinematycznej oraz skrajni budowli w aspekcie nowoczesnych wymagań rynkowych, stawianych pojazdom szynowym. Konstruktorzy pojazdów szynowych muszą coraz częściej konstruować pojazdy o większej szerokości niż dotychczas. Szukanie „rezerw” w samych zwężeniach pojazdu nie jest już wystarczające i konieczne jest poznanie wszystkich czynników mających wpływ na przemieszczenie poprzeczne pojazdu. Wskutek tego ostatecznym zarysem, który umożliwia bezpieczną jazdę pojazdu jest wspólny zarys odniesienia dla skrajni pojazdu i budowli.

1. Wstęp

Efektywność ekonomiczna kolejowych przewozów towarowych oraz osobowych zależy w dużym stopniu od dopuszczalnej przestrzeni użytkowej wagonów, która jest ograniczona zarysem odniesienia skrajni kinematycznej. Optymalne wykorzystanie istniejącej przestrzeni geometrycznej uwarunkowane jest przytorowymi urządzeniami stałymi i budowlami. Okazuje się, że pojazd zaprojektowany z zapasem geometrycznym do zarysu odniesienia jest skonstruowany poprawnie z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacyjnego, tzn. z uwzględnieniem ewentualnego ryzyka kolizji z urządzeniami stałymi lub budowlami. Jednak ten sam pojazd jest dostosowany gorzej do współpracy z infrastrukturą kolejową, jeśli wziąć pod uwagę chociażby jego zbyt dużą odległość od peronów kolejowych (bardzo ważny parametr świadczący o bezpieczeństwie pasażerów podczas wsiadania i wysiadania z pojazdu osobowego) lub odległość od maszyn oczyszczających zewnętrzne ściany boczne pojazdu.

Dotychczasowa koncepcja przyjęta przez UIC, mająca na celu określenie dopuszczalnego zarysu odniesienia, opiera się na przyjęciu **dwóch zarysów odniesienia** czyli:

- **zarysu skrajni kinematycznej pojazdu**, przeznaczonego do dyspozycji konstruktorów pojazdu, od którego odejmuje się zwężenia zewnętrzne E_a (niem.: „äussere Einschränkung, ang.: „exterior reduction”) oraz zwężenia wewnętrzne E_i (niem.: „innere Einschrän-

ung”, ang.: „interior reduction”) i ustala się dopuszczalny zarys pojazdu. Skrajnia kinematyczna normalnego pojazdu szynowego jest to zarys figury płaskiej w płaszczyźnie prostopadłej do osi toru, określonej wymiarowo do toru prostego, a dodatkowo poszerzonej o określone (ustalone) wartości dla łuków o promieniu $R=150$ m i większym oraz dla odcinków toru z określoną przechyłką. Skrajni tej nie powinna przekraczać żadna część pojazdu szynowego w następujących warunkach:

- gdy pojazd porusza się na torze prostym
- gdy pojazd stoi nieruchomo w łuku z określoną przechyłką
- gdy pojazd porusza się w łuku z określoną przechyłką lub bez przechyłki
- oraz we wszystkich wyżej podanych przypadkach przy uwzględnieniu wszystkich możliwych położeń w torze, wychylenia usprężynowanego pojazdu w płaszczyźnie prostopadłej do osi toru, przesunięć pionowych będących wynikiem zużycia i wielkości dodatkowego ugięcia usprężynowania podczas jazdy określonej w przepisach międzynarodowych dla danego typu pojazdu.

Wzory na zwężenia wewnętrzne E_i oraz na zwężenia zewnętrzne E_a , którymi posługuje się konstruktor celem określenia dopuszczalnego zarysu pojazdu, są przedstawione w karcie UIC

505-1 [9] i UIC 505-5 [11]. Wzory te są przedstawione wariantowo, przy czym każdy wariant uwzględnia specyfikę pojazdu w zależności od tego, czy jest to wagon towarowy czy też pojazd trakcyjny.

- **zarysu skrajni kinematycznej budowli**, na zewnątrz którego umieszcza się urządzenia stałe oraz budowle, zwane ograniczeniami skrajniowymi typu ciągłego (tunele, mury oporowe, krawędzie peronów, dachy wiat, ogrodzenia przytorowe, ekrany dźwiękochłonne, budynki posterunków ruchu itp.) lub punktowego (semafory, tarcze ostrzegawcze, wskaźniki, słupy trakcyjne, latarnie zwrotnicowe itp.). Skrajnię budowli definiuje się jako zarys figury płaskiej, stanowiący podstawę do określenia wolnej przestrzeni dla ruchu pojazdów szynowych, na zewnątrz której powinny mieścić się wszystkie urządzenia oraz przedmioty znajdujące się przy torach na ich dowolnym odcinku, z wyjątkiem urządzeń przeznaczonych do bezpośredniego współdziałania z pojazdem, jak np. hamulce torowe w stanie roboczym, koła wciągarki wagonów towarowych na wierzchołek górkę rozrządowej i przewody jezdne, współpracujące bezpośrednio z odbierakiem prądu.

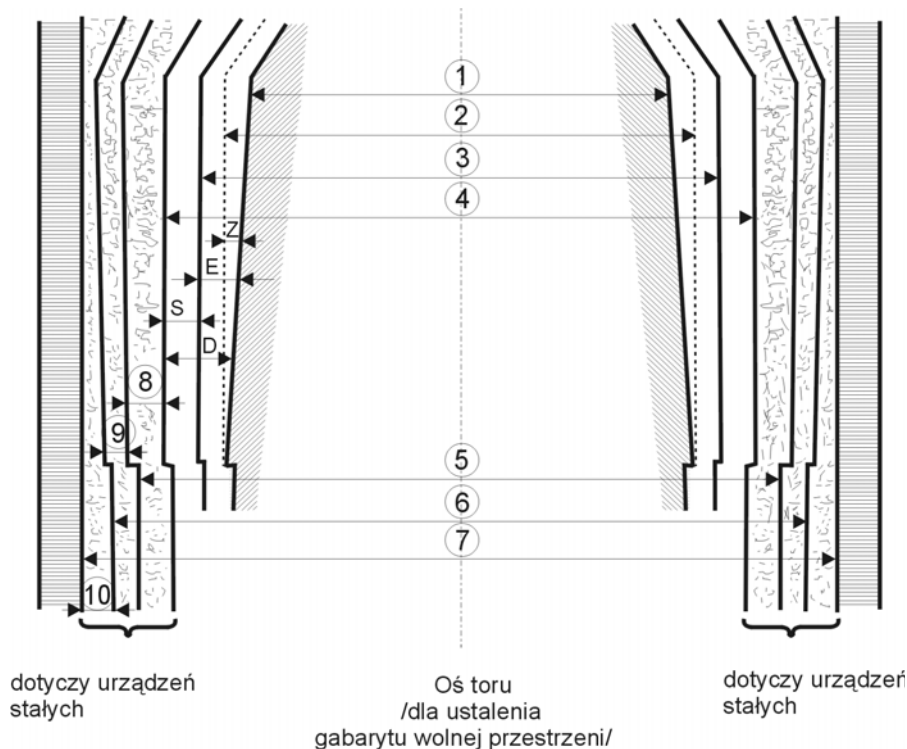
W artykule przedstawiono nową koncepcję wyznaczania dopuszczalnego zarysu pojazdu, biorąc za podstawę nowy, wspólny zarys skrajni kinematycznej pojazdu i budowli z uwzględnieniem najbardziej niekorzystnych położań pojazdu w torze oraz toru względem urządzeń stałych (budowli).

2. Koncepcja wspólnego zarysu odniesienia dla pojazdu i urządzeń stałych

Koncepcja skrajni, jako zagadnienia kompleksowego dla kolejnictwa, jest wynikiem rozgraniczenia kompetencji służby budowlanej, odpowiedzialnej za utrzymanie infrastruktury kolejowej i projektantów urządzeń stałych (skrajnia budowli) oraz konstruktorów pojazdu (skrajnia kinematyczna pojazdu). Podchodząc z punktu widzenia historii jej powstawania można użyć definicji, że skrajnia jest zagadnieniem technicznym, polegającym na określeniu bezpiecznego, dopuszczalnego zarysu pojazdu oraz na wyznaczeniu bezpiecznego miejsca dla instalowania urządzeń stałych przy uwzględnieniu najbardziej niekorzystnych przemieszczeń toru i pojazdu [2,3,4 i 5]. Skrajnie budowli na tle skrajni kinematycznej, dopuszczalnego zarysu pojazdu oraz innych zarysów pośrednich (np. zarysu kinematycznego zapotrzebowania przestrzeni) przedstawiono na rys.1.

Podane na rys.1 cyfry i litery oznaczają:

- 1 - skrajnia pojazdu (ang.: „construction profile”, niem.: Fahrzeugbegrenzungslinie”)
- 2 - linia (zarys) odniesienia skrajni statycznej (ang.: „static vehicle gauge”, niem.: „statische Begrenzungslinie”)
- 3 - linia (zarys) odniesienia skrajni kinematycznej (ang.: „kinematic gauge reference profil”, niem.: „Bezugslinie der kinematischen Begrenzungslinie”)



Rys.1. Skrajnia budowli na tle skrajni kinematycznej i statycznej pojazdu

- 4 - pozycja graniczna pojazdu, która jest brana pod uwagę we wzorach na zwężenia i wynika z maksymalnych przesunięć pojazdu D (ang.: „limit position of rolling stock considered in the reduction formule ”, niem.: „Grenzlage des Fahrzeugs, die sich aus den Einschränkungsformeln ergeben ”)
- 5 - skrajnia dla kinematycznego zapotrzebowania przestrzeni (ang.: „rolling stock kinematic gauge”, niem.: „Begrenzung für den kinematischen Raumbedarf des Fahrzeugs ”)
- 6 - gabaryt dla urządzeń stałych (ang.: „lineside structure limit gauge”, niem.: „Grenzlinie für feste Anlagen”)
- 7 - gabaryt wolnej przestrzeni (ang.: „lineside structure installation gauge”, niem.: „Licht raumbegrenzung”)
- 8 - przesunięcie statyczne wynikające z nadmiaru lub niedostateczności przechyłki powyżej 0,05 m (ang.: „semi-static movement”)
- 9 - luz bezpieczeństwa (ang.: „individual margins”)
- 10 - dodatkowy luz bezpieczeństwa „dobierany indywidualnie przez każdy zarząd kolejowy
- D - maksymalne geometryczne przesunięcie pojazdu
- E - zwężenie pojazdu w stosunku do zarysu odniesienia skrajni kinematycznej pojazdu
- S - wystawanie pojazdu wynikające z różnicy wielkości D i E
- Z - zwężenie pojazdu w stosunku do zarysu odniesienia skrajni statycznej.

Oś skrajni budowli oraz oś skrajni pojazdu, zarówno na torze prostym jak i na torze z przechyłką, pokrywa się z osią toru prostopadłą do płaszczyzny wyznaczonej przez główki szyn. Pokrycie osi obydwu skrajni istnieje tylko w stanie nowym toru, ponieważ wskutek oddziaływania pojazdów szynowych tor może ulec trwałemu przesunięciu bocznemu i przechyłką może ulec zmianie, a budowle toru również ulegają przemieszczeniu.

Przy połowie wymiarów szerokości linii odniesienia służba budowlana musi uwzględnić następujące wartości:

- wystawania, które stanowią nadmiar połowy wymiaru szerokości kinematycznej skrajni pojazdu powyżej połowy wymiaru szerokościowego zarysu odniesienia; jeśli oznaczy się przez E zwężenia wynikłe ze stosowania zależności wg karty UIC 505-1[9], natomiast możliwe przesunięcia pojazdu przez D , a wystawanie przez S , to wówczas:

$$S = D - E \quad (1)$$

- dodatek pochylenia w zakresie odcinków łuku toru, gdzie nadmiar lub niedostateczność przechyłki są większe niż 0,05 m (E lub $J \geq 0,05$ m)

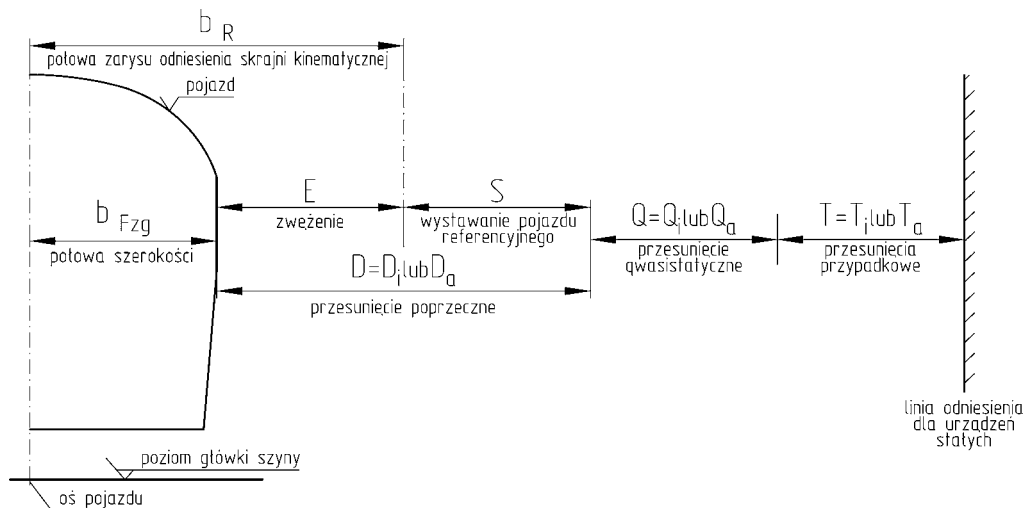
- luzy bezpieczeństwa uwzględniające drgania, przesunięcia i dopuszczalne błędy ułożenia toru w eksploatacji, niesymetrie pojazdu wynikające z jego tolerancji wykonawczych i przesunięć ładunku w eksploatacji; luzy bezpieczeństwa ustala każdy zarząd kolejowy we własnym zakresie.

Zarys skrajni budowli powinien zapewniać:

- prawidłowe działanie urządzeń stałych (hamulce torowe, automatyczne wyłączniki blokad torowych tzw. krokodyły, kierownice zwrotnic itp.)
- konstruowanie linii kolejowych z odpowiednimi tolerancjami budowy, aby zapewnić bezpieczną eksploatację
- uwzględnienie wystąpienia wszystkich niekorzystnych zjawisk związanych z eksploatacją (drgania, przesunięcia poprzeczne toru, wiatr) tak, aby uniknąć kolizji z kursującymi pojazdami szynowymi.

Kompromis pomiędzy służbą budowlaną i konstruktorami pojazdów wynika ze wzoru (1) na wystawania geometryczne. Stąd też zarys 4 oraz 5 przedstawiony na rys.1 i określający kinematyczne zapotrzebowanie przestrzeni jest większy niż zarys odniesienia skrajni kinematycznej określonej przez zarys 3. Dodatkowo istotna różnica polega na występowaniu luzów bezpieczeństwa, które każdy zarząd kolejowy przyjmuje indywidualnie w zależności od własnych doświadczeń.

Próby określenia wspólnego zarysu odniesienia skrajni budowli, który miałby mieć charakter obligatoryjny dla wszystkich zarządów członkowskich UIC zostały odrzucone. Zarys taki miałby sens, jeśli rozpatrywałoby się zagadnienie alternatywnie dla torów o dobrym lub złym stanie utrzymania. Decyzję z punktu widzenia UIC można ocenić jako słuszną, ale nie dla wszystkich przypadków linii kolejowych oraz pojazdów. W rzeczywistości zarządy kolejowe dysponują specjalnymi liniami kolejowymi o dobrym stanie utrzymania przeznaczonymi do ruchu z wysokimi prędkościami, gdzie decyzja ta może nie mieć zastosowania lub o gorszym stanie utrzymania, jakimi są linie kolejowe przeznaczone do transportu wadliwego rudy żelaza, węgla itp. Podobna sytuacja może mieć miejsce w zamkniętej sieci kolejowej metra. Wspólny zarys wynika również z przytoczonych definicji. Jeśli wartość luzów bezpieczeństwa przyjęłoby jako zero, wówczas obydwa zarysy: „skrajni kinematycznej pojazdu” oraz „skrajni kinematycznej budowli” pokryłyby się. Taka analiza prowadzi więc do zarysu skrajni kinematycznej budowli jako wspólnego dla pojazdu i dla służb budowlanych (rys.2).



Rys.2. Zarys skrajni kinematycznej budowli jako wspólny zarys odniesienia dla usytuowania urządzeń stałych i pojazdu

Jak wynika z rys. 2 całkowite przemieszczenie Δ pojazdu (w jedną stronę) wyraża się wzorem:

$$\Delta = b_{Fzg} + E + S + Q + T \quad (2)$$

Przy takim zarysie odniesienia widoczne są czynniki wpływające na maksymalną szerokość pojazdu, do których należą:

- odległość pomiędzy torami i dopuszczalny zarys odniesienia skrajni budowli
- przemieszczenia poprzeczne D pudła wagonu od środka toru
- czynniki wpływające (udziały Q i T) na przemieszczenia poprzeczne pojazdu wynikające z geometrii i usytuowania toru.

Odległość pomiędzy torami a_L wyznacza się z zależności:

$$a_L = 2b_{Fzg} + D_i + D_a + Q_i + Q_a + \sqrt{T_i^2 + T_a^2} \quad (3)$$

gdzie:

- b_{Fzg} - połowa szerokości pojazdu
- D_i - przemieszczenie geometryczne pojazdu w kierunku wewnętrznym łuku toru
- D_a - przemieszczenie geometryczne pojazdu w kierunku zewnętrznym łuku toru
- Q_i - przesunięcie quasistatyczne pojazdu w kierunku wewnętrznym łuku toru
- Q_a - przesunięcie quasistatyczne pojazdu w kierunku zewnętrznym łuku toru
- T_i - przesunięcie przypadkowe toru i pojazdu w kierunku wewnętrznym łuku toru
- T_a - przesunięcie przypadkowe toru i pojazdu w kierunku zewnętrznym łuku toru.

Przesunięcia geometryczne T_i lub T_a toru wywołane czynnikami przypadkowymi (niem.: „ zufallsbedingte Verschiebungen”) można podzielić na następujące grupy:

T_1 -przesunięcia boczne toru pomiędzy dwoma okresami naprawczymi

T_2 - przesunięcia boczne spowodowane błędem przechyłki toru (oddziaływania geometryczne i dynamiczne)

T_3 - przesunięcia boczne spowodowane drganiami wynikającymi z oddziaływania toru i pojazdu i zależne od stanu utrzymania toru (za wyjątkiem drgań spowodowanych błędem przechyłki toru)

T_4 - przesunięcia boczne spowodowane asymetrią budowli i regulacji pojazdu

T_5 - przesunięcia boczne spowodowane asymetrią ładunku.

Przy takim ujęciu czynników przypadkowych T wzór (2) można zapisać jako:

$$\Delta = b_{Fzg} + E + S + Q + \sqrt{\sum_{i=1}^{i=5} T_i^2} \quad (4)$$

Zakłada się, że wszystkie czynniki przypadkowe posiadają rozkład normalny. Niekiedy, ze względów bezpieczeństwa zakłada się, że wszystkie czynniki przypadkowe mogą przekroczyć szacowane wartości o 20%. Wówczas wzory (2) oraz (3) przyjmują odpowiednio postać:

$$\Delta = b_{Fzg} + E + S + Q + 1,2 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{i=5} T_i^2} \quad (5)$$

oraz

$$a_L = 2b_{Fzg} + D_i + D_a + Q_i + Q_a + 1,2 \cdot \sqrt{T_i^2 + T_a^2} \quad (6)$$

Zgodnie z niemieckimi przepisami EBO [17] dla nowobudowanych oraz modernizowanych tras kolejowych odległość pomiędzy torami powinna wynosić przynajmniej 4,00 m, natomiast połowa szerokości skrajni budowli wynosi 2,50 m, co umożliwi efektywną szerokość nowoczesnego zespołu trakcyjnego (o parametrach technicznych zbliżonych do zespołu

trakcyjnego ICE3) nawet 3,40m. Obecnie zespół trakcyjny typu ICE 3 przystosowany do wysokich prędkości posiada efektywną szerokość wynoszącą 2,95 m. Wymagania dla zespołów przystosowanych do wysokich prędkości są przedstawione w karcie UIC 660 [15].

W praktyce zastosowanie zespołów trakcyjnych o szerokości 3,40 m na sieci DB AG nie jest możliwe na

wszystkich liniach, ponieważ na wielu odcinkach istniejącej sieci odległość pomiędzy torami wynosi 3,50 m.

Dla zobrazowania i porównania podstawowych parametrów eksploatowanych obecnie wagonów osobowych i zespołów trakcyjnych, w tabeli 1 przedstawiono maksymalne szerokości i wysokości tych pojazdów.

Zestawienie podstawowych parametrów geometrycznych pojazdów szynowych komunikacji osobowej

Tabela 1

| L. p. | Typ pojazdu | Zarząd kolejowy | Szerokość pojazdu [mm] | Wysokość pojazdu [mm] | Maksymalna szerokość zarysu odniesienia skrajni kinematycznej wg karty UIC 505-1[9] [mm] | Maksymalna szerokość zarysu odniesienia skrajni budowli wg karty UIC 505-5 [11] [mm] |
|-------|---|-----------------|------------------------|-----------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | Wagon piętrowy | SBB | 2780 | 4602 | 3290 | 4000 |
| 2. | Wagon Eurocity | SBB | 2825 | 4050 | 3290 | 4000 |
| 3. | Wagon panoramiczny | SBB | 2825 | 4260 | 3290 | 4000 |
| 4. | Wagon 2131 Amz | DB AG | 2824 | 4049 | 3290 | 4000 |
| 5. | Wagon piętrowy 2037 DBm | DB AG | 2780 | brak danych | 3290 | 4000 |
| 6. | Wagon sterowniczy typów: DA-Bim, Dbim, DABmpz | DB AG | 2780 | 4630 | 3290 | 4000 |
| 7. | Wagon sypialny | DB AG | 2816 | 4250 | 3290 | 4000 |
| 8. | Wagon pociągu hotelowego | DB AG | 2800 | 4320 | 3290 | 4000 |
| 9. | Wagon restauracyjny zespołu trakcyjnego ICE | DB AG | 3020 | 4295 | 3290 | 4000 |
| 10. | Wagon środkowy zespołu trakcyjnego ICE | DB AG | 3020 | brak danych | 3290 | 4000 |
| 11. | Wagon środkowy zespołu trakcyjnego TGV A | SNCF | 2904 | 3168 | 3290 | 4000 |
| 12. | Wagon środkowy zespołu trakcyjnego TGV 2N | SNCF | 2896 | 4305 | 3290 | 4000 |
| 13. | Wagon skrajny zespołu trakcyjnego TGV A | SNCF | 2904 | 3480/ 4100 | 3290 | 4000 |
| 14. | Wagon środkowy piętrowego zespołu trakcyjnego TGV | SNCF | 2896 | 4305 | 3290 | 4000 |
| 15. | Wagon środkowy TGV Transmanche | SNCF | 2814 | 3690 | 3290 | 4000 |
| 16. | Człon napędowy zespołu trakcyjnego TGV | SNCF | 2814 | 3915 | 3290 | 4000 |
| 17. | Człon napędowy zespołu trakcyjnego TGV PSE i A | SNCF | 2814 | 4100 | 3290 | 4000 |
| 18. | Wagon osobowy typu VTU 75 | SNCF | 2866 | 4050 | 3290 | 4000 |
| 19. | Wagon osobowy typu VU-Deuxieme Tranche | SNCF | 2871 | 4050 | 3290 | 4000 |
| 20. | Wagon osobowy UIC | SNCF | 2904 | 4198 | 3290 | 4000 |
| 21. | Zespół trakcyjny ETR Y 500 | FS | 2846 | 3800 | 3290 | 4000 |
| 22. | Zespół trakcyjny Pendolino | FS | 2740 | 3340 | 3290 | 4000 |
| 23. | Zespół trakcyjny TALGO | FS | 2942 | 3305 | 3290 | 4000 |

Jak widać z tabeli 1 szerokość pojazdów nowej generacji przyjmuje duże wartości, od 2780÷3020 mm, co pozwala na maksymalne zwężenia wewnętrzne oraz zewnętrzne wynoszące co najwyżej 135÷255 mm. Biorąc pod uwagę, że są to pojazdy przeznaczone do wysokich prędkości, które ze względu na komfort jazdy wymagają dużych wartości luzów poprzecznych, utrzymanie zarysu odniesienia skrajni kinematycznej wg karty UIC 505-1[9] może okazać się niemożliwe. Analizę dla każdego z pojazdów należy wykonywać indywidualnie, analizując geometrię pojazdu oraz jego zwężenia wewnętrzne i zewnętrzne.

3. Zestawienie udziału wszystkich czynników wpływających na przemieszczenia poprzeczne pojazdu

Wykorzystanie zarysu odniesienia skrajni budowli pozwala na szersze oszacowanie udziału poszczególnych czynników na przemieszczenia poprzeczne pojazdu oraz porównanie ich między sobą. Porównanie wykonane na przykładzie zespołu trakcyjnego typu ICE 3, przystosowanego do wysokich prędkości, przedstawiono w tabeli 2 [4].

Zestawienie udziału poszczególnych parametrów na przemieszczenia poprzeczne zespołu trakcyjnego typu ICE 3 wysokich prędkości

Tabela 2

| L.p. | Udział przemieszczenia bocznego D [mm] (wartości dla h=2,00 m powyżej główki szyny) | Tor prosty | Strona wewnętrzna łuku toru o promieniu R=250 m |
|------|---|------------|---|
| 1. | Czynniki związane z pojazdem | | |
| a. | Wpływ wymiaru rozstawu zewnętrznego obrzeży kół d^*) | 12,5 mm | 12,5 mm |
| b. | Wpływ szerokości (prześwitu) toru l^*) | 15 mm | 15 mm |
| c. | Przesuw poprzeczny belki bujawkowej wózka w | 90 mm | 20 mm |
| d. | Wystawanie geometryczne w torze | 0 mm | 155 mm |
| e. | Luz pomiędzy zestawem kołowym a ramą wózka q | 8 mm | 8 mm |
| f. | Quasistatyczne przemieszczenie z spowo- dowane dynamiką pudła wagonu w stosunku do układu biegowego uwarunko- wane przez wartość współczynnika po- chylenia s | 10 mm | 10 mm |
| g. | Suma przemieszczeń poprzecznych od 1a do 1f | 135,5 mm | 220,5 mm |
| 2. | Czynniki wynikające z utrzymania sieci kolejowej | | |
| a. | Quasistatyczne przemieszczenie „Q” spowodowane pochyleniem pudła pojazdu w stosunku do układu biegowego | 0 mm | 19 mm |
| b. | Przemieszczenia przypadkowe toru T_1 | 25 mm | 25 mm |
| c. | Przemieszczenia boczne (geometryczne i dynamiczne) spowodowane błędem prze- chyłki T_2 | 23 mm | 23 mm |
| d. | Przemieszczenia boczne spowodowane drzganiami pojazdu T_3 | 23 mm | 5 mm |
| e. | Przesunięcia poprzeczne spowodowane asymetrią pojazdu T_4 | 5 mm | 5 mm |
| f. | Przesunięcia poprzeczne spowodowane asymetrycznym obciążeniem pojazdu T_5 | 18 mm | 18 mm |
| g. | Suma algebraiczna czynników z wierszy 2a do 2f | 94 mm | 76 mm |
| 3. | Suma algebraiczna wszystkich czynników wymienionych w p.1 oraz p.2 (1g+2g) | 229,5 mm | 296,5 mm |

^{*)} Udział czynników a oraz b można zastąpić wyrazem $\frac{l-d}{2}$, gdzie $l=1,465$ m oraz $d=1,410$ m, co daje łączny udział 27,5 mm

Analizując sumę algebraiczną czynników określanych jako przypadkowe można skorzystać na podstawie wzoru (4) z geometrycznej zależności

$$T = \sqrt{\sum_{i=1}^{n=5} T_i^2}$$

zakładając, że ich przebieg jest zgodny z rozkładem normalnym. Wówczas wartości T na torze prostym oraz na łukach o promieniu R=250 m wynoszą odpowiednio 45mm oraz 39mm. Przy uwzględnieniu, że wszystkie czynniki przypadkowe mogą być przekroczone o 20%, wartości T wynoszą odpowiednio 54 mm na torze prostym oraz 47 mm na łuku. Stosunek wartości „k” przedstawiający porównanie wartości T jako sumy geometrycznej oraz wartości T, która jest otrzymana z sumy algebraicznej, wynosi odpowiednio:

-tor prosty:

$$k = \frac{1,2 \sum_{i=1}^{n=5} T_i^2}{\sum_{i=1}^{n=5} T_i} = \frac{54}{94} = 0,574 \quad (7)$$

-strona wewnętrzna łuku toru o promieniu R=250 m:

$$k = \frac{1,2 \sum_{i=1}^{n=5} T_i^2}{\sum_{i=1}^{n=1} T_i} = \frac{47}{76} = 0,618 \quad (8)$$

Przy uwzględnieniu zależności $T = 1,2 \sqrt{\sum_{i=1}^{n=5} T_i^2}$,

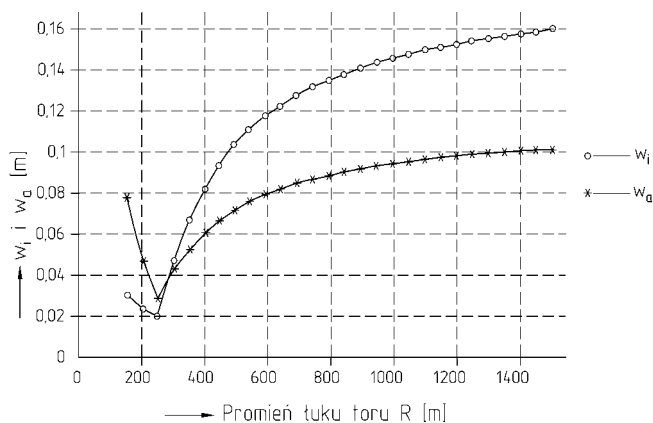
odległość zarysu pojazdu od zarysu odniesienia skrajni budowli wynosi odpowiednio 189 mm na torze prostym oraz 286 mm od strony wewnętrznej łuku toru o promieniu R=250 m.

Jak wynika z zestawienia szerokości zespołów trakcyjnych przedstawionych w tabeli 1 oraz zwężeń w tabeli 2, dla zespołów trakcyjnych typu ICE jest niemożliwe utrzymanie zarysu odniesienia skrajni kinematycznej wg karty UIC 505-1 [9] (szerokość pojazdu po dodaniu zwężeń wewnętrznych pojazdu na łuku R=250 m przekracza dopuszczalny zarys skrajni odniesienia, który może wynosić maksymalnie 3290 mm dla wysokości h>1170 mm). Jeśli przyjąć, że zwężenie wewnętrzne $E_i=220,5$ mm, wówczas dopuszczalna szerokość pojazdu wynosi tylko 2849 mm dla h>1170 mm oraz 2799 mm dla 400 mm<h≤1170 mm.

Jak widać z przedstawionych obliczeń, przy budowie nowych tras oraz przy modernizacji już istniejących, przeznaczonych dla szybkich zespołów trakcyjnych, konieczna jest ścisła współpraca służb budowlanych zajmujących się infrastrukturą kolejową oraz konstruktorów pojazdu, w celu zapewnienia optymalnego zarysu pojazdu oraz jego bezpiecznej eksploatacji.

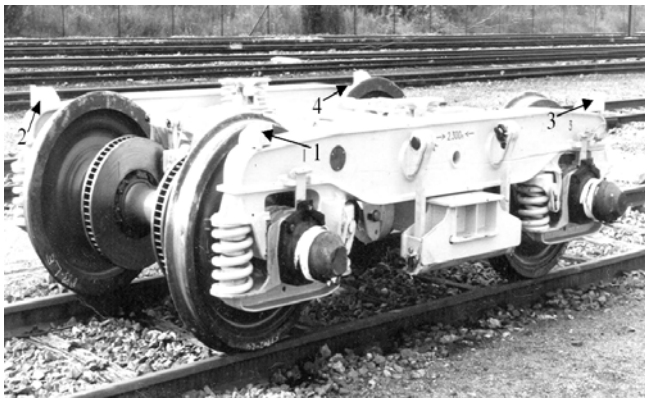
Z wartości przedstawionych w tabeli 2 można wyciągnąć wnioski, że chcąc zaprojektować pojazd o maksymalnej możliwej efektywnej szerokości należy podjąć prace studialne, które prowadziłyby z jednej strony do gruntownej analizy parametrów pojazdu, a z drugiej do analizy przemieszczeń geometrycznych wynikających z usytuowania toru. W przypadku nowoczesnych pojazdów istotnym czynnikiem jest przemieszczenie poprzeczne belki bujawkowej i geometryczne wystawanie na łuku toru. Im bardziej podatne są usprężynowania nowoczesnych pojazdów szynowych (wynika to z coraz wyższych wymagań stawianych w zakresie komfortu jazdy), tym większy jest luz poprzeczny belki bujawkowej. Dlatego ograniczenie przemieszczeń geometrycznych belki bujawkowej wydaje się niemożliwe tym bardziej, że obecnie produkuje się pojazdy z bardzo miękkim usprężynowaniem, co odpowiada maksymalnemu współczynnikowi pochylania s=0,4 [6]. Wartość współczynnika pochylania wyznacza się indywidualnie dla każdego pojazdu metodą obliczeniową lub doświadczalną. Wpływ poprzecznego przemieszczenia belki bujawkowej na efektywny zarys pojazdu jest przedstawiony w raporcie ERRI B 176/DT 278 [18]. Jednym z zabiegów konstrukcyjnych optymalizujących dopuszczalny zarys pojazdu jest stosowanie krzywek ograniczających przesuw poprzeczny belki bujawkowej w zależności od geometrii toru. Dla toru prostego, kiedy pojazd porusza się z maksymalną prędkością, należy wykorzystać maksymalny przesuw poprzeczny belki bujawkowej, natomiast dla ciasnych łuków tzn. 250 m ≤ R < 400 m oraz 150 ≤ R < 250 m (ograniczona prędkość, maksymalne zwężenia skrajni) należy przewidzieć możliwy najmniejszy przesuw poprzeczny. Szczególną uwagę należy zwrócić na promień łuku R=250 m, który jest bazowym dla obliczeń zwężeń E_i oraz E_a .

Zależność przesuwu poprzecznego belki bujawkowej w_i (w kierunku wewnętrznym łuku toru) oraz w_a (w kierunku zewnętrznym łuku toru) od promienia łuku jest przedstawiona na rys.3.



Rys.3. Przesuw poprzeczny belki bujawkowej w_i oraz w_a w zależności od promienia łuku toru

Krzywki ograniczające przesuw poprzeczny belki bujawkowej w zależności od promienia łuku toru wózka wagonów towarowych typu Y37, spełniającego warunki standaryzacji wg karty UIC 432 [8] i przystosowanego do ruchu z prędkością 160 km/h, są przedstawione na rys.4.



Rys.4. Wózek Y37 wagonów towarowych przeznaczony do wysokich prędkości z krzywkami (oznaczonymi strzałkami od 1 do 4) ograniczającymi przesuw poprzeczny belki bujawkowej w zależności od promienia łuku toru

Takie rozwiązania konstrukcyjne stosuje się również w wózkach wagonów osobowych oraz zespołów trakcyjnych przystosowanych do wysokich prędkości.

Zastosowanie tego zabiegu konstrukcyjnego jest niezwykle efektywne, pozwalając z jednej strony na optymalne ukształtowanie pojazdu, natomiast z drugiej strony na utrzymanie wymaganego komfortu jazdy, którego parametry są przedstawione w karcie UIC 518 [14].

Innym ze znanych środków zaradczych jest wprowadzenie tzw. całkowicie aktywnych systemów usprężynowania sterujących przechyłem pudła pojazdu jak np. aktywne sprężyny poprzeczne, które powodują centrowanie pudeł pojazdów szynowych podczas jazdy w łuku i tym samym zmniejszenie przesuwu poprzecznego na torze prostym oraz na łuku [4 i 6].

Istotnym czynnikiem mającym wpływ na przemieszczenia boczne, zwłaszcza na łuku, jest baza wagonu. W przypadku zespołów trakcyjnych o długich bazach (tzw. konwencjonalne zespoły trakcyjne i pojazdy wieloczlónowe) wysięg geometryczny na łuku wynosi 150÷180 mm.

W przypadku pojazdów trakcyjnych lub wagonów o bazie 9 do 12 m wysięg ten może wynosić mniej niż 50 mm. Wadą tego rozwiązania jest zwiększony luz poprzeczny belki bujawkowej w kierunku wewnętrznym łuku toru.

W przypadku infrastruktury jednym ze środków pozwalających na zmniejszenie przemieszczeń toru jest poszukiwanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych jego ułożenia (tor typu „feste Fahrbahn”) oraz skrócenie okresów międzynaprawczych toru i tym samym zmniejszenie dopuszczalnych wartości

przemieszczeń toru. Skrócenie okresów międzynaprawczych pozwoliłoby na uzyskanie dodatkowej rezerwy wynoszącej 20÷30 mm dla przemieszczeń poprzecznych pojazdu i mogłoby przynieść bardzo duże korzyści podczas przejazdu w konkretnych miejscach na trasach kolejowych np. w tunelach lub mostach kolejowych, ale wiąże się to z bardzo dużymi nakładami finansowymi.

W obliczeniach czynników wpływających na zwężenia pojazdu należy uwzględnić dodatkowo:

- zmiany pochylenia toru w kierunku wzdłużnym
- zużycia szyn w kierunku pionowym (max.20 mm) i „osiadanie” toru w eksploatacji
- czynniki aerodynamiczne przy prędkościach większych niż 160 km/h.

Pierwsze dwa z wymienionych czynników powodują wprawdzie przemieszczenia pionowe, podobnie jak zużycia części układu biegowego i maksymalne ugięcia usprężynowania, ale ma to wpływ na szerokość zarysu odniesienia, uzależnionej od wysokości rozpatrywanego punktu pojazdu.

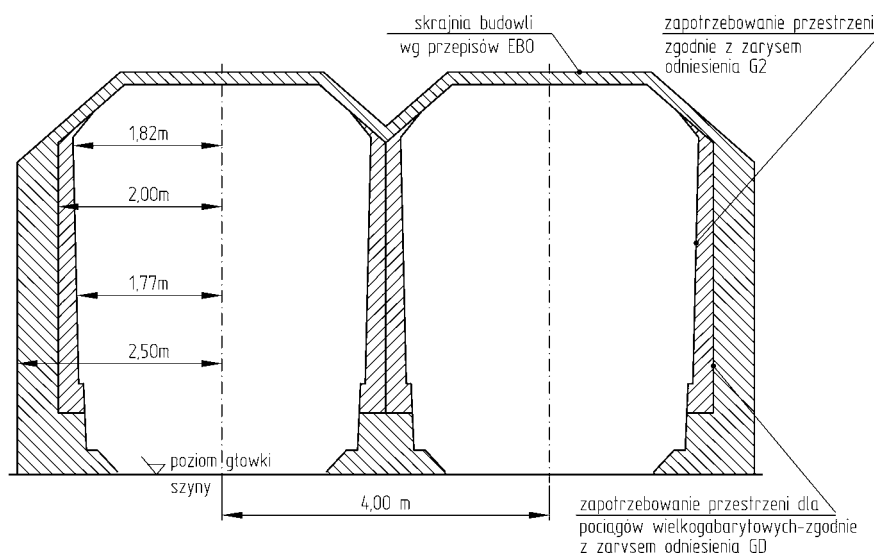
W przypadku czynników aerodynamicznych stwierdzono następujące różnice w stosunku do pociągu o normalnej szerokości:

- obciążenia wynikające z ciśnienia powietrza wywieranego na boczną stronę pojazdu przy wjeździe do tuneli kolejowych i przejazdu obok nich wzrastają o około 10 %
- maksymalne dopuszczalne ciśnienie w przypadku awarii osłony przed zwiększonym ciśnieniem nie przekracza wartości $\Delta p=10$ kPa
- opór aerodynamiczny podczas jazdy w tunelu zwiększa się o około 1%.

W przypadku pojazdów przeznaczonych do wysokich prędkości stwierdzono, że istotnym czynnikiem dla określenia dopuszczalnego zarysu odniesienia jest wiatr boczny, którego rola jest daleko większa aniżeli dotychczas uwzględniała to skrajnia budowli [1]. Potencjalne zagrożenie występuje dla zespołów trakcyjnych rozwijających prędkość powyżej 240 km/h, natomiast dla pojazdów ze sterowanym pochyleniem pudła, ze względu na bardzo wysoką prędkość, już na łukach od 160 km/h. Badania wpływu prędkości na aerodynamikę pojazdu oraz wpływ wiatru bocznego na zachowanie się konstrukcji przeprowadzono po raz pierwszy w ramach projektu Unii Europejskiej „Transaero”, realizowanego w latach 1996÷1999 [7]. Na podstawie przeprowadzonych badań sporządzono charakterystyczne wykresy wpływu wiatru (niem.: „Windkennkurven”), na podstawie których można ustalić dopuszczalną prędkość jazdy w zależności od prędkości wiatru.

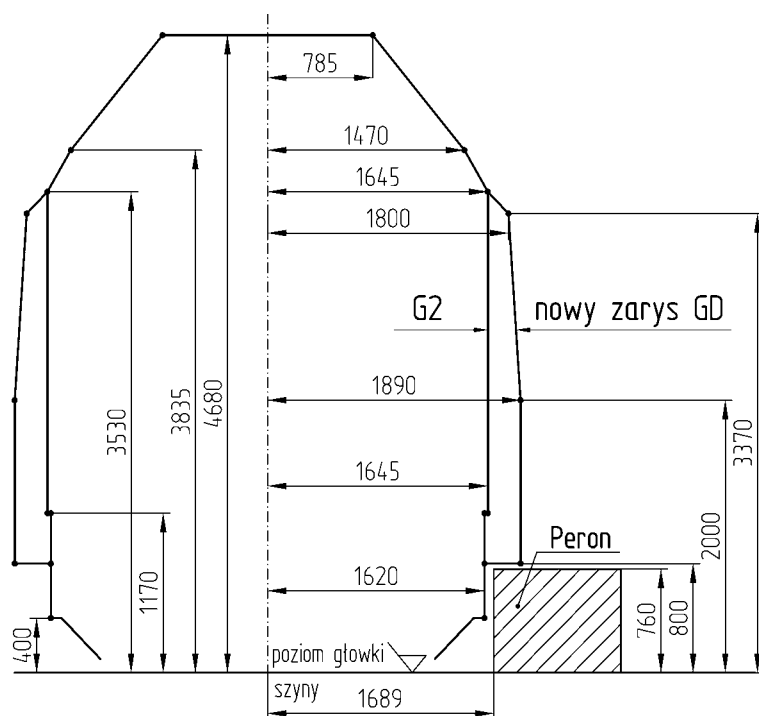
Biorąc pod uwagę wszystkie czynniki wpływające na zwężenia pojazdu i jego efektywny zarys, zarządy kolejowe już przewidują nowy zarys odniesienia skrajni budowli dla nowobudowanych tras kolejowych

przeznaczonych do ruchu z wysokimi prędkościami. Na rys.5 przedstawiono zarys odniesienia nowej skrajni budowli wg przepisów EBO [17] z uwzględnieniem odległości pomiędzy torami 4 m oraz kinematyczne zapotrzebowanie przestrzeni dla pojazdów zaprojektowanych wg obecnie obowiązującej skrajni kinematycznej G2 (dla pojazdów szynowych dopuszczonych do ruchu wewnętrznego na DB AG) oraz dla zespołów trakcyjnych przystosowanych do wysokich prędkości, zaprojektowanych wg nowego zarysu GD planowanej skrajni kinematycznej (niem.: „GD neu”).



Rys.5. Zarys skrajni budowli wg przepisów EBO [17]

Zarys skrajni kinematycznej G2 pojazdu oraz „nowy GD” jest przedstawiony na rys.6.



Rys.6. Zarys skrajni kinematycznej G2 pojazdu oraz „nowy GD” dla zespołów trakcyjnych przystosowanych do wysokich prędkości

Nowy zarys skrajni budowli obowiązuje dla linii nowobudowanych oraz modernizowanych. Nowy zarys skrajni budowli zostaje systematycznie wprowadzany na liniach DB AG z równoczesnym zamiarem uruchomienia we współpracy z SNCF zespołów trakcyjnych oraz pociągów z wagonami osobowymi piętrowymi wysokich prędkości, kursujących w ruchu międzynarodowym. Zespół trakcyjny ICE-3, składający się z 8-miu członów, posiada trzy typy odbieraków prądu i jest przystosowany do zasilania z czterech systemów napięcia z sieci trakcyjnej [1]:

- 15kV AC, 16,7Hz (Niemcy, Austria, Szwajcaria, Szwecja)
- 25kV AC, 50 Hz (Belgia, Francja, Holandia, Dania)
- 3kV DC (Belgia, Włochy, Hiszpania)
- 1,5kV DC (Holandia, Francja).

W związku z powyższym nowo budowane i modernizowane trasy kolejowe wraz z nowym zarysem skrajni budowli będą stopniowo wprowadzane w większości zarządów kolejowych w Zachodniej Europie wraz z rozwojem transportu szynowego wysokich prędkości. Zarys skrajni kinematycznej GD dla nowoczesnych zespołów trakcyjnych odpowiada maksymalnej wysokości peronów 760 mm (zrezygnowano z peronów wysokich, które uwzględnia karta UIC 505-1 [9]).

4. Rozmieszczenie urządzeń do oczyszczania zespołów trakcyjnych i wagonów osobowych

Zgodnie z kartą UIC 508-2 [13] urządzenia do oczyszczania zespołów trakcyjnych i wagonów osobowych powinny być umieszczone tak, aby:

- wykluczyć ewentualny kontakt pomiędzy pojazdem i częściami stacjonarnego urządzenia

- zachować wolną przestrzeń pomiędzy pomostem roboczym i pojazdem, ale w możliwie najmniejszym dopuszczalnym zakresie
- uniknąć wypadków podczas pracy przy wjeździe oraz wyjeździe pojazdu ze strefy urządzenia roboczego.

Zgodnie z wymaganiami karty UIC 508-2 [13] urządzenia oczyszczające muszą posiadać taką budowę, aby obie zewnętrzne strony pojazdu były umyte i wyczyszczone w wymaganej klasie czystości i zakresie wysokości wynoszącym:

- 1000 do 3500 mm dla zwykłych wagonów
- 500 do 4000 mm dla wagonów piętrowych.

Jeśli ma być spełniony warunek, aby pojazd bezkolidyjnie mógł przejeżdżać urządzenie to należy:

- przestrzegać zarysu odniesienia skrajni kinematycznej pojazdu według karty UIC 505-1 [9]
- wykonać obliczenia zwężeń pojazdu wg karty UIC 505-1
- uwzględnić możliwe przemieszczenia pojazdu, które wynikają z błędów toru, asymetrii pojazdu i tolerancji budowy pojazdu
- uwzględnić prawdopodobieństwo jednoczesnego występowania wszystkich niekorzystnych czynników, powodujących poprzeczne przemieszczanie pojazdu.

Prędkość przejazdu, uwarunkowana przez zastosowane urządzenie oczyszczające, musi wynosić przynajmniej 1 km/h oraz nie przekraczać 5 km/h. W przypadku niespełnienia tego warunku urządzenia oczyszczające wyłączają się automatycznie.

Jeśli ww. warunki są spełnione, wówczas jest zapewniona przestrzeń geometryczna przez urządzenia stałe, która gwarantuje przejazd:

- wszystkich pojazdów, które zostały wykonane wg przepisów karty UIC 505-1 [9], karty UIC 505-4 [10] oraz karty UIC 505-5 [11]
- tylko takich pojazdów, dla których obsługi przewidziane są specjalne urządzenia.

Na torach warsztatowych, gdzie znajdują się takie urządzenia, występują bardzo małe wartości:

- błędów ułożenia (trasowania) toru (max.10 mm)
- błędów przechyłki torów (max.5 mm)
- tolerancji prześwitu toru (max.1445 mm).

Można więc zapisać następującą zależność wg [13] określającą maksymalne zapotrzebowanie przestrzeni dla pojazdów przejeżdżających przez tory warsztatowe, przy których znajdują się urządzenia do obsługi wagonów osobowych :

$$R_b = \frac{1}{2} \cdot b_{FZg} + \frac{l-d}{2} + (q+w) + s \cdot \frac{u'}{1,5} \cdot (h-h_c) + 1,2 \cdot \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + (0,23n_3)^2 + (0,77n_3)^2} \quad (9)$$

gdzie:

- R_b - zapotrzebowanie na przestrzeń pojazdu w rejonie urządzeń do obsługi pojazdu
- b_{FZg} - rzeczywista szerokość pojazdu
- l - maksymalny prześwit toru warsztatowego (przyjmowany jako $l=1,445$ m)
- d - rozstaw zewnętrzny obrzeży kół (zalecana wartość wynosi $d=1,420$ m, zamiast przyjmowanej tradycyjnie $d=1,410$ m)
- s - współczynnik pochylania pojazdu, którego wartość przyjęto jako 0,1 (dla pojazdów o sztywniejszym usprężynowaniu)
- u' - przechyłka toru na torze warsztatowym, szacowana na 0,005 m
- h - wysokość rozpatrywanego punktu przekroju poprzecznego pojazdu
- h_c - wysokość bieguna przechylenia (przyjmowana jako 0,5 m)
- n_1 - przemieszczenie poprzeczne wywołane błędem ułożenia toru
- n_2 - przemieszczenie poprzeczne wywołane błędem geometrycznym przechyłki toru
- n_3 - przemieszczenie poprzeczne spowodowane asymetrią pojazdu (przemieszczenie ładunku i obciążenia)
- 1,5 m- jest wartością rozstawu okręgów tocnych zestawu kołowego.

Wartości n_1 , n_2 oraz n_3 przyjmuje się odpowiednio jako:

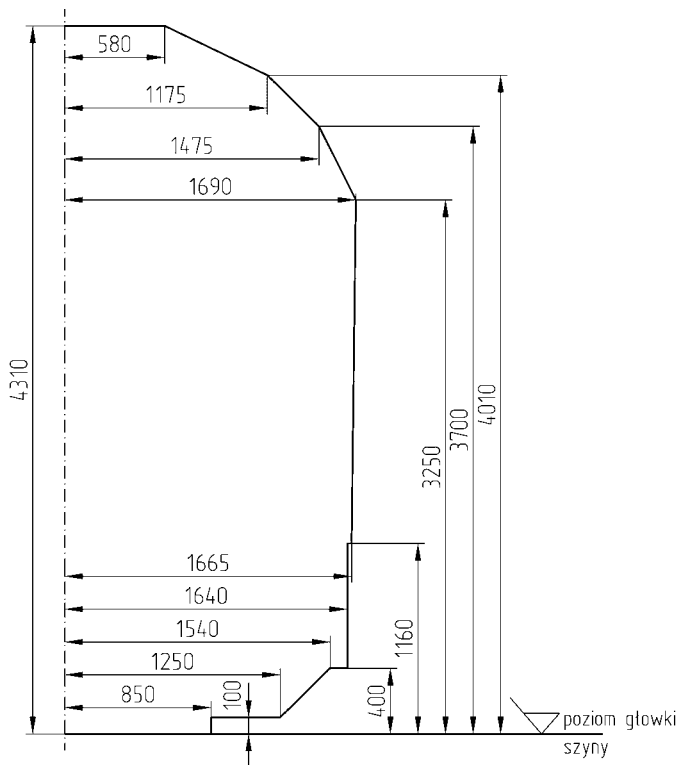
$$n_1=0,01m, \quad n_2 = s \cdot \frac{u'}{1,5} \cdot h = s \frac{0,005}{1,5} \cdot h \quad \text{oraz} \\ n_3 = (h - h_c) \cdot \text{tg} \eta_0 \quad (10)$$

gdzie:

- η_0 -kąt asymetrii pojazdu (asymetria budowy i przemieszczenie ładunku)
- u' -wartość umownej przechyłki na torach warsztatów naprawczych i konserwacyjnych.

Przy wykonywaniu obliczeń na zapotrzebowanie przestrzeni dla pojazdów znajdujących się w obszarze urządzeń do ich obsługi zakłada się, że tor warsztatowy jest prostym odcinkiem toru.

Zarys odniesienia obowiązujący na torze prostym, na zewnątrz którego można zabudować urządzenia oczyszczające i konserwujące pojazd szynowy wg karty UIC 508-2 [13] jest przedstawiony na rys.7.



Rys. 7. Zarys odniesienia dla skrajni budowli obowiązujący na torze warsztatowym

Zarys odniesienia (rys. 7) jest określany przez zarządy kolejowe jako „mały zarys odniesienia” (niem.: „kleine Begrenzungslinie”) i jest przeznaczony również do torów prostych na bocznicach i torów przetokowych, które są dopuszczone do ruchu pojazdów z małymi prędkościami.

Zarys odniesienia przedstawiony na rys. 7 wynika z obliczeń wg wzoru (9). Jako przykład dla ustalenia tego zarysu odniesienia przyjęto punkt pojazdu na wysokości $h=3,25$ m. Przyjmując do obliczeń dopuszczalną połowę szerokości pojazdu na torze prostym wg [13]:

$$\frac{1}{2} b_{Fzg} = A - E_1 = 1,645 - \left[\left(\frac{l-d}{2} \right) + q + w + z - 0,015 \right] \quad (11)$$

gdzie wyraz quasistatyczny „z” wyraża się wzorem wg [2]:

$$z = \frac{s}{30} \cdot (h - h_c) \quad (12)$$

czyli :

$$z = \frac{0,1}{30} \cdot (3,25 - 0,5) = 0,009 \text{ m}$$

oraz wstawiając dane liczbowe $l=1,465$ m (dopuszczalny prześwit toru na sieci kolejowej), $d=1,410$ m (dopuszczalny rozstaw zewnętrzny obrzeży kół), $q+w=0,0115$ m, współczynnik pochylenia $s=0,1$ i wysokość bieguna pochylenia $h_c=0,5$ m otrzymuje się:

$$\frac{1}{2} b_{Fzg} = 1,645 - \left[\left(\frac{1,465 - 1,410}{2} \right) + 0,0115 + 0,009 - 0,015 \right] = 1,612 \text{ m}$$

Po podstawieniu wartości dla warsztatowego toru prostego $l=1,445$ m, $d=1,420$ m, $u=0,005$ m, $n_1=0,01$ m, $n_2=0,001$ m oraz $n_3=0,048$ m (dla $\eta_0=1^0$) wartość zapotrzebowania przestrzeni do przekształconego wzoru (9):

$$R_b = A - E_1 + \frac{l-d}{2} + (q+w) + s \cdot \frac{u'}{1,5} \cdot (h-h_c) + 1,2 \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + (0,23n_3)^2 + (0,77n_3)^2} \quad (13)$$

wynosi:

$$R_b = 1,645 - 0,033 + 0,0125 + 0,0115 + 0,0009 + 1,2 \sqrt{0,01^2 + 0,001^2 + (0,23 \cdot 0,048)^2 + (0,77 \cdot 0,048)^2} = 1,685 \text{ m}$$

Powyższe obliczenie można uprościć, przyjmując zależność:

$$R_b = A - s \cdot 0,03 \cdot (h - h_c) + 1,2 \cdot \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + (0,23 \cdot n_3)^2 + (0,77 \cdot n_3)^2} \quad (14)$$

Po wstawieniu wartości liczbowych $A=1,645$ m, $s=0,1$, $h=3,25$ m, $h_c=0,5$ m, $n_1=0,01$ m, $n_2=0,001$ m oraz $n_3=0,048$ m do wzoru (14) otrzymuje się:

$$R_b = 1,645 - 0,1 \cdot 0,03 \cdot (3,25 - 0,5) + 1,2 \cdot \sqrt{0,01^2 + 0,001^2 + (0,23 \cdot 0,048)^2 + (0,77 \cdot 0,048)^2} = 1,684 \text{ mm, co w przybliżeniu odpowiada wartości otrzymanej wg wzoru (13).}$$

Otrzymana wartość 1685 mm wg wzoru (13) w przybliżeniu odpowiada dopuszczalnej połowie szerokości zarysu odniesienia dla urządzeń oczyszczających wg rys. 7 (1690 mm). Dopuszczalna połowa szerokości dla zabudowy urządzeń stałych wynika z zarysu odniesienia skrajni budowli; np. dla PKP zgodnie z PN-69/ K-02057 [16] wynosi 2000 mm dla wysokości $h=3,25$ m. Wynika z tego, że urządzenia oczyszczające muszą podlegać innym regułom niż pozostałe urządzenia infrastruktury kolejowej.

5. Wnioski

Z przedstawionej analizy wynika, że dla maksymalnego wykorzystania przestrzeni geometrycznej staje się konieczna analiza przyjętej skrajni budowli. Podział na zarys odniesienia skrajni budowli oraz skrajni kinematycznej pojazdu ma swoje uzasadnienie w ustaleniach poczynionych na etapie tworzenia przepisów i podjęcia decyzji o rozdzieleniu kompetencji

przemieszczeń geometrycznych pomiędzy konstruktorów pojazdu i służbę budowlaną. O bezpiecznej eksploatacji decyduje jednak przyjęty zarys odniesienia skrajni budowli. Ścisła współpraca pomiędzy konstruktorem pojazdu i służbami budowlanymi jest warunkiem postępującego rozwoju pojazdów szynowych jak również optymalnego rozmieszczenia urządzeń stałych. Zarys skrajni budowli będzie więc często wspólnym zarysem, który będzie uzgadniany przez konstruktorów pojazdów oraz służbę budowlaną. Oddzielne traktowanie tych zagadnień jest co prawda dozwolone przez przepisy, ale może prowadzić niekiedy do ograniczenia rozwoju zarówno w dziedzinie taboru jak i nowoczesnych rozwiązań w zakresie infrastruktury kolejowej. Zastosowanie nowej metodyki wyznaczania zarysu odniesienia pojazdu może doprowadzić do zwiększenia efektywności ekonomicznej przewozów pasażerskich, co można osiągnąć przez wprowadzanie do eksploatacji pojazdów o większej szerokości oraz wagonów osobowych piętrowych. Umożliwi to przede wszystkim zwiększenie ilości miejsc siedzących, a w następstwie zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych przypadających na jeden kilometr przebiegu oraz na jednego pasażera.

Alternatywnym sposobem działania dla zwiększenia efektywnego zarysu wagonów towarowych pociągów zwartych dla ruchu kombinowanego, przewożących kontenery, zbiorniki oraz nadwozia wymienne (niem.: „kombiniertes Ladungsverkehr”) jest zwiększenie zarysu odniesienia skrajni kinematycznej pojazdu tzn. GA, GB, GB+ oraz GC (określane jako linie odniesienia KLV [6]) oraz skrajni budowli zgodnie z wytycznymi karty UIC 506 [12]. Należy jednak uwzględnić, że budowa nowych tras kolejowych oraz modernizacja już istniejących (zmniejszenie dopuszczalnych prześwitów torów, zwiększenie odległości pomiędzy torami, wyrównanie przechyłek toru) jest niezwykle kosztowna i na pokrycie takich wydatków stać jest tylko najbogatsze zarządy kolejowe przy znacznym wsparciu budżetów poszczególnych państw. Przykłady obliczeniowe, z których będą wynikały korzyści z zastosowania omawianej metody, będą podane w publikacji książkowej (aktualnie w przygotowaniu).

Literatura

- [1] Belier N.: *Der ICE 3 im internationalen Einsatz. ETR- Eisenbahntechnische Rundschau Nr 50, 7/8 2001.*
- [2] Gąsowski W., Sobaś M.: *Nowoczesna skrajnia pojazdów kolejowych. Wyd. Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR. Poznań 2005.*
- [3] Gąsowski W., Sobaś M.: *O pewnych możliwościach zastosowania koncepcji probabilistycznej skrajni kinematycznej pojazdów szynowych. Pojazdy Szynowe Nr 4/1999;3-4/2000; 2i4 /2001; 1i4/2002*
- [4] Ernst J.: *Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch den Einsatz breiter Züge im SPNV. ETR- Eisenbahntechnische Rundschau 1/2 2001.*
- [5] Sobaś M.: *O pewnych możliwościach zastosowania koncepcji probabilistycznej skrajni kinematycznej pojazdów szynowych. Pojazdy Szynowe Nr 1/2000 i 3/2001.*
- [6] Stier G.: *Die kinematische Fahrzeug- und Lichtraum-Geometrie. Systematik und Auswirkungen im Bereich der deutschen Eisenbahnen auf der Grundlage der geänderten Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnungen bzw. Verordnungen. ZEV+DET Nr.7 Glasers Annalen 07/ 1992.*
- [7] DB AG: *Seitenwindgefahr für schnelle Reisezüge?. Eisenbahningenieur 10/2002.*
- [8] Karta UIC 432: *Wagony towarowe. Prędkości jazdy. Warunki techniczne, które należy spełnić. Wydanie 11. 09/2006.*
- [9] Karta UIC 505-1: *Pojazdy kolejowe. Skrajnia pojazdów. Wydanie 10. z 05.2006.*
- [10] Karta UIC 505-4: *Wpływ zastosowania skrajni kinematycznych, określonych w karcie 505 na rozmieszczenie budowli w stosunku do torów i na tory między sobą. Wydanie 3. z dnia 01.01.1977 ze zmianą z dnia 01.01.1988.*
- [11] Karta UIC 505-5: *Wspólne podstawowe warunki dla kart 505-1 do 505-4. Komentarz o przygotowaniu tych kart i przepisy ich dotyczące. Wydanie 2. z 1.01.1977 ze zmianą z 1.01.1993.*
- [12] Karta UIC 506: *Przepisy dla zastosowania skrajni powiększonych GA, GB i GC. Wydanie 1. z 01.01.1987 ze zmianą 4. z dnia 1.01.1996.*
- [13] Karta UIC 508-2: *Urządzenia do czyszczenia i parkowania w stanie gotowości do pracy dla pojazdów transportu pasażerskiego. Wydanie 1. z dnia 01.01.1994.*
- [14] Karta UIC 518: *Badania i homologacja pojazdów kolejowych z punktu widzenia właściwości dynamicznych, bezpieczeństwa jazdy, obciążenia toru i parametrów biegowych. Wydanie 3. z 08.2005.*
- [15] Karta UIC 660: *Przepisy dotyczące zapewnienia technicznej kompatybilności dla pociągów do stosowania dużych prędkości. Wydanie 2. z 08.2002.*
- [16] PN-69/ K-02057. *Koleje normalnotorowe. Skrajnie budowli.*
- [17] *Przepisy EBO- Eisenbahn - Bau- und Betriebsordnung. Bundesgesetzplatz 1967.*
- [18] Raport ERRI B 176/DT 278: *Wpływ przemieszczenia poprzecznego belki bujawkowej na profile pojazdów (ang.: „Influence of lateral swing bolster play on vehicle profiles”) . Utrecht, maj 1993.*