

Jerzy PAWLICKI
Milan HŘEBAČKA

OCENA STANU ROZWOJU KORYTARZY KOLEJOWYCH DUŻYCH PRĘDKOŚCI ČD I ŽSR W ASPEKTCIE INTEGRACJI TECHNICZNO - EKSPLOATACYJNEJ Z SIECIĄ KOLEJOWĄ W POLSCE - CZĘŚĆ I

Streszczenie. W artykule przedstawiono zakres przedsięwzięć koncepcyjnych, modernizacyjnych i budowlanych, w które zaangażowane są zarządy kolejowe ČD i ŽSR w aspekcie realizacji umów AGC i AGTC. Słowacja i Czechy, podobnie jak Polska, wzięły na siebie obowiązek dostosowania linii międzynarodowego znaczenia do standardów europejskich.

Szczególną uwagę poświęcono doświadczeniom kolei ČD z wprowadzaniem do eksploatacji pojazdów z nachylanymi pudłami systemu E 680. Potrzebę zastosowania tego typu taboru rozważa się również na sieci PKP, zwłaszcza w trudnych warunkach terenowych.

Przeprowadzona analiza dotyczyła oceny obecnego stanu rozwoju korytarzy kolejowych w wymienionych krajach z punktu widzenia możliwości ich wykorzystania przez PKP.

THE STATE-OF-ART HIGH SPEED RAILWAY CORRIDORS ESTIMATION IN ČD AND ŽSR IN THE ASPECT OF THE FUTURE TECHNICAL-OPERATIVE ADJUSTMENT TO THE POLISH STATE RAILWAYS NETWORK - PART ONE

Summary. The article presents the range of conceptual, modernization and investment projects in which ČD and ŽSR authorities are involved in the aspect of the implementation of AGC and AGTC agreements. Slovakia, the Czech Republic and Poland took on the obligation to adapt railway lines of international significance to European standards. The analysis concerns the state-of-the-art railway corridors estimation in the mentioned countries from the point of view of the possible use of them by the Polish State Railways (PKP) in future exploitation including transit.

1. Wprowadzenie

Druga paneuropejska konferencja transportowa (Kreta, 1994) ustaliła priorytety rozwoju głównych korytarzy kolejowych w Europie środkowej i południowo - wschodniej. Dwa korytarze przebiegające przez Polskę uznano za ważne : linie kolejowe E 20 oraz E 65. 24 kwietnia 1995 r. zawarto w Warszawie „Porozumienie o współpracy w dziedzinie modernizacji, rekonstrukcji i rozwoju korytarza kolejowego Berlin - Warszawa - Mińsk - Moskwa”, które podpisali przedstawiciele BC, DB AG, PKP oraz RDŽ. Podróż pociągiem z Berlina do Warszawy będzie trwała około 2h 30min. (obecnie 6h 18min); z Warszawy do Moskwy 6h 30min (obecnie 19h 30min). Zamierzenia Europy Zachodniej obejmują do roku 2030 budowę 12000 km nowych linii i przystosowanie 23000 km istniejących linii do dużych prędkości [7]. Ponadto ustalono mapę sieci średnich i dużych prędkości dla Europy środkowo-wschodniej. Informacje na ten temat zawarto m.in. w [5], [6], [7], [8], [9], [10].

15 listopada 1995r. odbyło się w Żylinie (Słowacja) VI Seminarium zorganizowane przez Wyższą Szkołę Transportu i Łączności, poświęcone problematyce budowy i modernizacji linii kolejowych dużych prędkości (Vysokorýchlostné trate).

Artykuł przedstawia najważniejsze dotychczasowe dokonania i perspektywiczne zamierzenia kolei słowackich - ŽSR oraz czeskich - ČD w przekonaniu, że doświadczenia, szczególnie w zakresie modernizacji dróg kolejowych średniej prędkości prowadzonych w terenie trudnym technicznie (trasy podgórskie i górskie), mogą zainteresować polskich specjalistów zajmujących się koncepcją przebiegu południowych fragmentów linii E 65, E 59, oraz innych połączeń z sieciami kolejowymi Czech i Słowacji.

Potrzebę zainteresowania dokonaniem południowych sąsiadów uzasadnia m.in. stwierdzenie L.Rudzińskiego [6] : „(...) albo szybko zmodernizujemy linię E 20, albo nie musimy jej w ogóle modernizować, gdyż powstaną połączenia konkurencyjne. Nie ma potrzeby modernizować tej linii na najwyższy poziom, lecz na poziom średni, łągodząc niektóre istniejące wymagania, np. w odniesieniu do przejazdów w poziomie szyn”. Jak się okazuje, podobny pogląd reprezentują specjaliści czescy i słowaccy, wykorzystujący swój potencjał techniczny i zdolności organizacyjne w sposób zdecydowany i konsekwentny w zakresie określania modelu finansowania przedsięwzięć, usuwania głównych przeszkód formalnych kredytowania, tworzenia konsorcjów kapitałowo-technicznych, jak też w staraniach o środki kredytowe ze strony międzynarodowych organizacji pomocowych (PHARE, TACIS), EBOiR, EBI, Banku Światowego oraz Banku Japońskiego JEXIM.

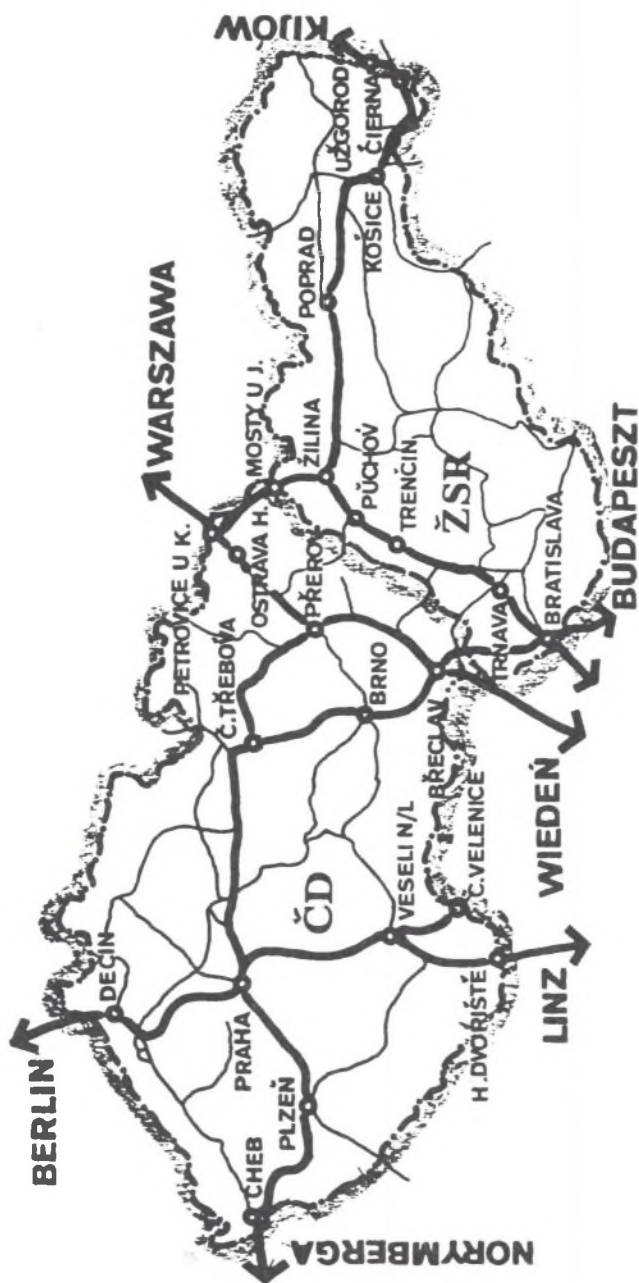
2. Programowanie rozwoju linii kolejowych dużych prędkości (VRT) w Republice Słowacji

Główne wysiłki skierowane są na priorytetowe korytarze (koridory) o numeracji IV, V i VI, które zapewniają połączenia sieci ŽSR na kierunkach Wschód - Zachód i Północ - Południe [2]:

- Koridor IV przebiega w przeważającej części przez teren ČR: Norymberga/Dečín - Praha - Bratislava z nowym połączeniem z Wiedniem i Bratysławą;
- Koridor V łączy Triest - Lublanę - Budapeszt - Bratysławę - Żilinę - Užgorod - Kijów;
- Koridor VI zapewnia połączenie Gdańska - Warszawy z korytarzem V w Żilinie.

Prace modernizacyjne na linii Bratysława - Żilina o długości 203 km przewidują jej przystosowanie do prędkości 140 km/h kosztem około 150 MECU; koszt rekonstrukcji linii Żilina - Koszyce - Čierna n. Tisou o długości 337 km, prędkości 140 km/h wyniesie około 305 MECU. Realizację obydwu tras przewiduje się na lata 1995 - 2000. Trzecią modernizowaną linią jest trasa Żilina - Čadca - granica z PKP o długości 31 km, przystosowywaną do maksymalnej prędkości 120 km/h. Koszt modernizacji wyniesie około 3,4 MECU.

Główną troską słowackich projektantów VRT jest szeroki zakres prac optymalizujących przebieg tras w planie. Zaledwie 8,4% linii dostosowanych jest do prędkości 120 km/h, 17,9% spełnia warunki ruchu z prędkością 100 km/h, jazdę z prędkością 140 km/h zapewnić mogą niewielkie odcinki torów. Obecnie trwają prace koncepcyjne nad dostosowaniem odcinka Bratysława - Puchov do prędkości 160 km/h.



Rys. 1. Korytarze kolejowe ČD i ŽSR międzynarodowego znaczenia
 Fig. 1. Railway corridors of ČD and ŽSR of international significance

Przedsięwzięcia dotyczące sanacji nawierzchni kolejowej dotyczą zastosowań :

- krzywej przejściowej Blossa 5 stopnia,
- krzywoliniowej rampy przechyłkowej w kształcie sinusoidy,
- zwiększenia niezrównoważonej wartości przechyłki powyżej 100 mm,
- sprężystego zamocowania szyn typu Pandrol FASTCLIP,
- niemieckich podkładów B 70,
- rozjazdów UIC 60,
- dostosowania skrajni budowli UIC GC w tunelach i pozostałych budowlach inżynierskich do prędkości 120 km/h.

3. Ważniejsze przedsięwzięcia podejmowane przez ČD

Do podstawowych korytarzy międzynarodowych w Republice Czeskiej należą [4] :

- I Korridor: Dečín - Praha - Č. Třebova - Brno - Břeclav (E 61/ E 41) o długości 468 km;
- II Korridor: Břeclav - Písek - Ostrava - Petrovice u. K. (E 65) o długości 323 km. Linia będzie dostosowana do prędkości 160 km/h kosztem około 496 MECU. Po modernizacji czas przejazdu z Katowic do Wiednia ulegnie skróceniu z 5h 25min do 4h 25min, a po wybudowaniu odcinków dużej prędkości do 2h 30min;
- III Korridor: Cheb - Plzeň - Praha - Č. Třebova - Písek;
- IV Korridor: Dečín - Praha - Č. Budejovice - Linec.

Tablica 1

Przewidywane skrócenie czasu jazdy po zakończeniu modernizacji

Linia	stan istniejący	modernizacja	VRT
Dečín - Břeclav	6h 32min	4h 23min	2h 13min
Praha - Brno	3h 15min	2h 13min	1h 15min
Berlin - Wiedeń	10h 01min	6h 35min	4h 17min

Zródło : [4]

4. Modernizacja I korytarza

Podobnie jak i na polskich ważniejszych historycznie ukształtowanych magistralach kolejowych, trasa Dečín - Praha - Brno - Břeclav spełnia podstawową rolę nie tylko w ruchu międzynarodowym, ale też jej znaczenie wewnątrz kraju jest bezsporne, ponieważ wiąże silnie uprzemysłowione regiony północnych Czech z Pragą i drugim największym miastem - Brnem. Zakres potrzeb modernizacyjnych tej linii niewiele się różni od zadań, które są rozwiązywane na linii E 20. Wszystkie odcinki linii są dwutorowe z wyjątkiem trzytorowego fragmentu (27 km). Zaostrenie parametrów techniczno - eksploatacyjnych obejmuje m.in. :

- wymianę nawierzchni oraz wzmocnienie słabych miejsc podtorza,
- korektę geometrii torów stacyjnych i szlakowych,
- likwidację niektórych stacji, modernizację pozostałych,
- przebudowę i likwidację niektórych skrzyżowań,
- rekonstrukcję i budowę obiektów inżynierskich,
- modernizację urządzeń energetycznych, sieci trakcyjnej, systemu sterowania, automatyki i łączności itd.

Linia jest zasilana z sieci trakcyjnych o dwu różnych napięciach : na odcinku Dečín - Praha - Opatov (312 km) zastosowano napięcie 3 kV; na następnym 79-kilometrowym odcinku brak trakcji elektrycznej. Ostatni fragment trasy - Brno Židenice - Břeclav - granica państwa (77 km) wyposażony jest w sieć o napięciu 25 kV, 50 Hz. Na całej długości trasy jest 151 przejazdów w poziomie główki szyny oraz 59 stacji wymagających przebudowy. 34% trasy (160 km) dostosowane zostało do prędkości maksymalnej 100 km/h. Na pozostałych odcinkach ruch odbywa się z prędkością 100 do 200 km/h.

5. Modernizacja II korytarza

323-kilometrowy korytarz : Petrovice u K. - Ostrava - Přerov - Břeclav posiada dla połączeń Polski z Wiedniem i południem Europy szczególne znaczenie.

Tablica 2

Planowane prędkości po zakończeniu prac modernizacyjnych

Korytarz	Prędkość [km/h]	Sumaryczna długość odcinków [km]	Fragmety linii
I	160	190	Lovosice - Nelahozeves Poříčany - Choceň Brno - Břeclav
	140	27	Praha - Poříčany Kralupy - Lovosice
	90 - 120	160	Dečín - Lovosice Kralupy - Praha Choceň - Č. Třebova - - Blansko
	50 - 80	22 + 69	Blansko - Brno węzły : Usti n. L., Praha, Brno
II	160	155	Břeclav - Přešov, Zabřeh n. M. - Přešov
	140	24	Suchodol n. O. - Polanka
	120	106	Přešov - Suchodol, Bohumín - Petrovice u. K., Č. Třebova - Zabřeh n. M.
	80	36	Okolice Ostravy

Zródło : Opracowanie własne

Parametry techniczno - eksploatacyjne są następujące :

- linia na całej długości jest dwutorowa,
- na odcinku Petrovice - Nedakonice i Č. Třebova - Přešov (270 km) sieć trakcyjna zasilana jest prądem stałym 3 kV; pozostała sieć korytarza ma napięcie 25 kV, 50Hz,
- na całej długości korytarza występują 82 skrzyżowania jednopoziomowe,
- liczba stacji wymagających modernizacji wynosi 46,
- 85% trasy umożliwi przejazd z prędkością 100 - 120 km/h.

Całość prac modernizacyjnych na wszystkich korytarzach, których zakończenie przewiduje się na rok 2007, obejmuje 1442 km linii. Prędkości na poszczególnych odcinkach korytarza obrazuje tablica 2. Na rysunku 1 zaprezentowano schemat sieci linii kolejowych międzynarodowego znaczenia na obszarze Czech i Słowacji.

6. Elektryczna jednostka z nachylnym pudłem typu E 680 ČD

Zwiększenie prędkości jazdy pociągów można osiągnąć poprzez :

- budowę nowych lub modernizację istniejących linii kolejowych spełniających większość kryteriów poprawności układu geometrycznego torów,
- wprowadzenie do eksploatacji wagonów z odchylanymi pudłami.

Z przedstawionego zakresu planowanych przedsięwzięć modernizacyjnych na sieci ČD i ŽSR wynika, że nie zostaną dotrzymane warunki techniczno-ruchowe odpowiadające wymaganiom linii dużych prędkości ($v \geq 200$ km/h). Budowa nowych linii wymaga bowiem znacznych nakładów finansowych, które ze względów topograficznych na obszarze Czech i Słowacji przekraczałyby wyraźnie średnioeuropejski poziom kosztów budowy jednego km linii (7 - 10 MECU). Zainteresowanie zarządów kolejowych ČD i ŽSR wagonami z nachylnym pudłem wydaje się więc w pełni zrozumiałe.

Pomysł skonstruowania wagonu z wychylanym pudłem powstał w latach pięćdziesiątych w Hiszpanii. Wagon RENFE - Talgo - Pendular, oparty na pasywnym systemie odchylenia, jest eksploatowany obecnie w Hiszpanii oraz na trasach łączących Hiszpanię z Francją, Włochami i Szwajcarią. W roku 1970 koleje włoskie FS zainicjowały skonstruowanie nowego typu zespołu trakcyjnego w zakładach FIAT Ferroviaria. Zadawalające doświadczenia z jednostką Pendolino ETR 401 przyspieszyły dalszy rozwój serii ETR. Obecnie są eksploatowane zespoły trakcyjne ETR 460 - Włochy, S 220 - Finlandia, ETR 470 - Włochy i Szwajcaria, VT 610 w Niemczech oraz X 2000 w Szwecji. Testy z „Pendolino” przeprowadzono również w Polsce w 1994 roku oraz na amerykańskich kolejach AMTRAK.

Realizację projektu czeskiej jednostki E 680 powierzono konsorcjum utworzonemu przez ČKD – MSV - FIAT - Siemens, w którym 50% udziału otrzyma kapitał zagraniczny. Jednostka eksploatowana będzie na sieciach kolejowych ČD, DB AG i ÖBB. Prędkość maksymalna wynosząca 230 km/h będzie wykorzystywana poza granicami kraju ze względu na ograniczenia wynikające z założeń modernizacyjnych korytarzy ČD ($v \leq 160$ km/h).

Techniczne środki realizacji odchylenia pudła wagonu dostarczy FIAT Ferroviaria, elementy trakcyjne, centralne sterowanie oraz urządzenia diagnostyczne zostaną wykonane przez firmę Siemens. Jednostka składać się będzie z czterech wagonów II klasy, wagonu restauracyjnego oraz dwóch wagonów I klasy. E 680 może być zasilany z sieci trakcyjnych o trzech różnych napięciach (3 kV, 15 kV, 25 kV). Masa pociągu w stanie ładownym wynosić będzie 350 t. Maksymalny nacisk na oś zestawów kołowych nie przekracza 13.5 t. Maksymalna długość

pociągu jednostki wynosi 185.3 m. W jednostce przewidziano 337 miejsc siedzących (99 w klasie pierwszej, 248 - w drugiej). Maksymalny kąt nachylenia wynosi 8° , urządzenie sterujące przechyleniem pudła wagonu rozpoczyna reakcję przy prędkości 65 km/h. Zespół sterujący nachyleniem wyposażony jest w dwa żyroskopy, cztery przyspieszeniomierze oraz w komputery umieszczone w każdym wagonie, które przejmują sygnał inicjujący uruchomienie urządzenia nachylenia od wagonu poprzedniego. Do sterowania zastosowano technikę mikroprocesorową. Połączenie wózka z pudłem jest podobne jak w rozwiązaniu ETR 460. Opis rozwiązania przedstawiono m.in. w [11].

7. Układ geometryczny toru dla ruchu pociągów z nachylenymi pudłami wagonów

Celowość stosowania tego typu wagonów uzasadnia przede wszystkim możliwość zwiększania prędkości jazdy na łuku bez znaczniejszych korekt geometrii toru z równoczesnym zachowaniem dotychczasowego komfortu podróży. Nachylenie wagonu o pewien kąt β powoduje powstanie dodatkowej przechyłki pozornej h_{poz} (ponieważ jest wprowadzana na pojeździe), która kompensuje przyrost przyspieszenia odśrodkowego będącego efektem podwyższenia prędkości (rys. 2). Prędkość jazdy pociągu na łuku zależy, jak wiadomo, od wartości promienia. Aby obniżyć wpływ przyspieszenia poprzecznego, stosuje się w torze przechyłkę, która w skrajnym przypadku może je całkowicie zrównoważyć (wypadkowa W na rys. 2a pokrywa się z osią toru).

Na pasażera działa przyspieszenie odśrodkowe o wartości

$$a = \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

$$a = a_{\text{zt}} + a_n = \frac{gh}{s} + 0 \quad (2)$$

Teoretyczną przechyłkę przy założeniu ruchu jednorodnego oblicza się wg formuły

$$h_t = \frac{11.8v^2}{R} \quad [\text{mm}], \quad (3)$$

stąd prędkość wyrównawcza wynosi

$$v = 0.291 \sqrt{h_t R} \quad [\text{km/h}] \quad (4)$$

Jeżeli wystąpi prędkość $v_1 > v$ nie odpowiadająca teoretycznej przechyłce, powstanie niezrównoważone przyspieszenie poprzeczne a_n , którego działanie na podróżnych, przewożony ładunek i nawierzchnię kolejową wyraża wzór

$$a_n = \frac{v^2}{R} - \frac{gh}{s} = a - a_{zr} \leq a_{dop} \quad (5)$$

Zarządy kolejowe przyjmują różne wartości niezrównoważonego przyspieszenia poprzecznego, np.:

- na SNCF : $a_n = 1.00 \text{ m/s}^2$, czemu odpowiada niedobór przechyłki $h_n = 153 \text{ mm}$

- na DB : $a_n = 0.85 \text{ m/s}^2$ przy $h_n = 130 \text{ mm}$

- na PKP, ČD i ŽSR : $a_n = 0.65 \text{ m/s}^2$ odpowiadające przechyłce $h_n = 100 \text{ mm}$

Wprowadzając do wzoru (4) wartość niedoboru przechyłki, otrzymuje się zależność dla największej prędkości jazdy na łuku

$$v = 0.291 \sqrt{(h + h_n)R} \quad [\text{km/h}] \quad (6)$$

Po podstawieniu do wzoru (6) wartości $h_{\max} = 150 \text{ mm}$ (maksymalna przechyłka wbudowana w tor) oraz $h_n = 100 \text{ mm}$ (niedobór przechyłki) otrzymuje się

$$v = 4.6 \sqrt{R} \quad (7a)$$

lub w przypadku dopuszczalnej na kolejach czeskich wartości $h_n = 130 \text{ mm}$

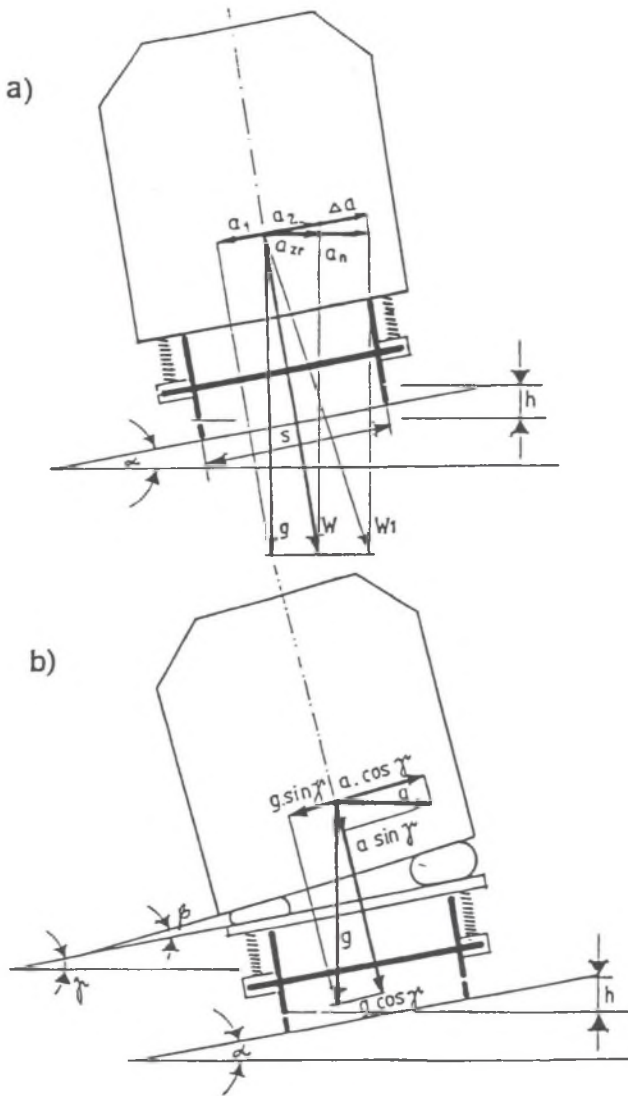
$$v = 4.87 \sqrt{R} \quad (7b)$$

Gdy $a_n > 0$, wypadkowa W przesuwa się na zewnątrz osi toru (rys. 2a).

W wagonach, w których istnieje możliwość przechylania pudła o kąt β , otrzymuje się pozorną dodatkową przechyłkę h_{poz} obliczaną ze wzoru

$$h_{\text{poz}} = s \cdot \sin \beta \cong s \cdot \text{tg} \beta, \quad (8)$$

gdzie s [mm] - rozstaw osi szyn (1500 mm).



Rys. 2. Przyspieszenia działające na wagon w łuku mającym przechyłkę:

a) wagon klasyczny

b) wagon z odchylonym pudłem.

Fig. 2. Accelerations affecting a carriage in the curve with super-elevation:

a) a classical carriage

b) a carriage with a deflecting box.

Jeżeli przyjmie się z tablicy 3 wartość kąta β równą 8° (np. koleje FS ETR 460), wartość pozornej przechyłki wyniesie

$$h_{\text{poz}} = 1500 \operatorname{tg} 8^\circ = 210 \text{ mm}$$

Tablica 3

Maksymalne kąty nachylenia pudeł wagonów w europejskich zarządach

Zarządy kolei	Naciski osiowe [kN]	Kąt przechyłu pudła [°]	Prędkość przechylania [°/s]
BR	168	9	5
DB	130	8	2 - 4
FS	125	8	6
NSB	110	7	7
RENFE	118	3.5	system pasywny
SBB	90	6	3.75
SJ	147	6.5	4

Źródło: [3]

Niezrównoważone przyspieszenie poprzeczne oblicza się z uwzględnieniem przechyłki h_{poz}

$$a_n = \frac{v^2}{R} - \frac{g}{s} (h + h_{poz}) \quad (9)$$

$$\Delta a_n = \frac{h_{poz}}{153} \quad (10)$$

Wzór na maksymalną prędkość ze względu na komfort jazdy pasażera przyjmie postać

$$v = 0.291 \sqrt{R(h + h_n + h_{poz})} \quad (11)$$

Przy projektowaniu układu geometrycznego toru przeznaczonego dla ruchu zespołów trakcyjnych z nachylonymi pudłami należy uwzględnić dodatkowe warunki, które zależą m.in. od reakcji urządzeń przechylających pudła (na jaką przechyłkę i przyspieszenie poprzeczne system reaguje), jakie jest źródło sygnału (krzywa przejściowa, trwałe magnesy lub taśma magnetyczna z zapisem parametrów toru na danym odcinku linii), jaka jest maksymalna szybkość nachylenia, jaka jest wartość pozornej przechyłki ?

Dla potrzeb eksploatacji zespołu trakcyjnego E 680 opracowano w Republice Czeskiej wytyczne projektowania układów geometrycznych toru dla prędkości 160 km/h, w których ustalono maksymalną wartość całkowitego niedoboru przechyłki $nh = h_n + h_{poz} = 270$ mm [3].

Po wstawieniu tej wartości do wzoru (11) otrzymano zależność maksymalnej prędkości przejazdu jednostki E 680 na łuku :

$$v = 5.96\sqrt{R} \quad (12)$$

Wzór (12) przyjmie inną postać w następujących przypadkach :

- w miejscach stałych punktów na trasie, na mostach i wiaduktach bez podsypki, urządzeniach dylatacyjnych, drogach zwrotnicowych i skrzyżowaniach torów z ruchomymi krzyżownicami - $nh = 130$ mm,
- w strefie rozjazdów łukowych - $nh = 110$ mm.

Dostosowując się do wymagań urządzeń nachylających na krzywej przejściowej należy uwzględnić zależności :

$$a) nh_{\max} \leq 3h, \quad (13)$$

b) wskaźnik pochylenia rampy przechyłkowej prostej powinien mieć wartość

$$m = 8v \quad (6v - \text{w trudnych warunkach terenowych}), \quad (14)$$

c) w przypadku rampy przechyłkowej Blossa

$$m = 7.5v \quad (6v - \text{w trudnych warunkach terenowych}), \quad (15)$$

$$d) m \geq 600 \quad (16)$$

e) długość krzywej przejściowej oblicza się wg formuły

$$L_p \geq \frac{2.5vnh}{1000}, \quad (17)$$

f) długość krzywej przejściowej z rampą przechyłkową Blossa

$$L_p \geq \frac{3.2vnh}{1000}, \quad (18)$$

- g) minimalna długość łuku kołowego oraz wstawki prostej wynosi $0.4v$ lub $0.25v$ (w trudnych warunkach); jako wartość graniczną przyjmuje się 15 m.

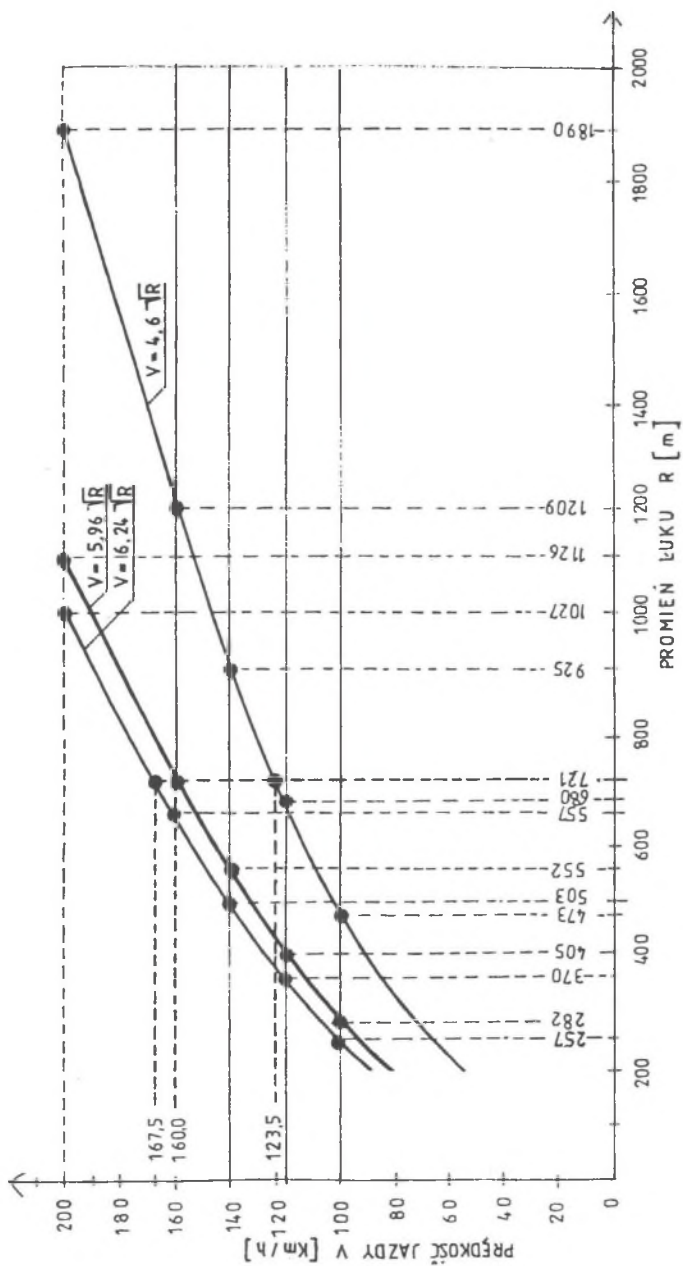
Z porównania wzorów na prędkość klasycznych jednostek i wagonów z nachylanymi pudłami E 680 (wzory 7b i 12) wynika, że eksploatacja zestawów E 680 pozwala na zwiększenie prędkości o 22%. Powyższy wniosek jest nieścisły z następujących powodów :

- na wszystkich torach korytarzy nie występuje ani jeden odstęp szlakowy, na którym występowałyby łuki o stałej krzywiznie oraz o stałej konstrukcji toru,
- na odcinkach charakteryzujących się złożonymi parametrami geometrycznymi możliwość uzyskania większych prędkości i skrócenia czasu jazdy zestawem E 680 jest wyraźniejsza, niż ma to miejsce w przypadku tras o lepszej strukturze toru.

Jako przykład przesadnych oczekiwań odnośnie do korzyści wyływających z zastosowania pojazdów z nachylanymi pudłami mogą posłużyć wyniki badań przeprowadzonych na I korytarzu. Odcinek Brno - Skalice n. Svitavou ma długość 38.759 km. Po optymalizacji trasy i wykonaniu modernizacji odcinek ten będzie mieć nadal niezadowalający układ geometryczny : ponad 50 łuków kołowych pojedynczych i złożonych, w tym 30 łuków posiadających promienie mniejsze od 500 m. Z tachogramu odczytano, że czas przejazdu klasycznego zestawu wagonów wyniósł 1568 sekund; zestawu z nachylanymi pudłami - 1327 sekund. Średnia prędkość zestawów wynosiła odpowiednio 89 km/h i 105 km/h; uzyskano więc zwiększenie prędkości o 18%. Mając jednak na uwadze ograniczenia związane z punktami charakterystycznymi na trasie, jak np. jednopoziomowe skrzyżowania, budowle inżynierskie, nieodpowiednia skrajnia budowli i inne, zwiększenie prędkości na badanym odcinku nie przekroczy 15%.

Na rysunku 3 przedstawiono dopuszczalne prędkości jazdy dla wagonów z pudłami nachylanymi i nienachylanymi przyjmując dwie różne wartości niedoboru przechyłki. Są to, jak wykazano uprzednio, wyniki teoretyczne jakkolwiek obrazują skalę korzyści możliwych do uzyskania poprzez zastosowanie wychyłanych wagonów. Obliczenia wykonano przy następujących założeniach :

- FIAT Pendolino : $h_{\max} = 150$ mm; $h_n = 100$ mm; $h_{\text{poz}} = 210$ mm; $\beta = 8^\circ$, stąd



Rys. 3. Prędkości dopuszczalne v dla wagonów klasycznych i wagonów z odchylanymi pudłami w funkcji promienia łuku R
 Fig. 3. Speed limits v for classical carriages with deflecting boxes in relation to a radius R of the curve

$$v = 6.24\sqrt{R} \quad (\text{przyrost prędkości maksymalnej o } 35\%),$$

- E 680 : $h_{\text{max}} = 150 \text{ mm}$; $h_n + h_{\text{poz}} = 270 \text{ mm}$; $\beta = 8^\circ$,

$$v = 5.96\sqrt{R} \quad (\text{przyrost prędkości o } 29.5\% \text{ lub } 22\% \text{ przy } h_n = 130 \text{ mm}),$$

- wagon klasyczny : $h_{\text{max}} = 150 \text{ mm}$; $h_n = 100 \text{ mm}$,

$$v = 4.6\sqrt{R}.$$

Inne koncepcje uwzględniają wyższy niedobór przechyłki przy mniejszym kącie nachylenia pudła, np. :

- FIAT : $h_{\text{max}} = 150 \text{ mm}$, $h_n = 150 \text{ mm}$; $h_{\text{poz}} = 170 \text{ mm}$; $\beta = 6.5^\circ$,

$$v = 6.31\sqrt{R},$$

- Talgo : $h_{\text{max}} = 150 \text{ mm}$; $h_n = 165 \text{ mm}$; $h_{\text{poz}} = 90 \text{ mm}$; $\beta = 3.5^\circ$,

$$v = 5.85\sqrt{R}$$

8. Uwagi końcowe

Przedstawione rozważania ponownie dowiodły szczególnego znaczenia przechyłki jako podstawowej wielkości układu toru w łukach oraz jako parametru wywierającego wpływ na inne parametry. Z poczynionych obserwacji wynika, że koleje ČD, ŽSR a także PKP nie zawsze w przeszłości przestrzegały zasady przyjmowania do obliczeń długości krzywej przejściowej przechyłki większej niż przechyłka wystarczająca w najbliższym okresie. Modernizacja linii kolejowych średnich prędkości wymaga więc wnikliwej analizy przechyłki, kształtu krzywej przejściowej i rampy przechyłkowej pod kątem potrzeb ruchu jednostek z nachylanymi pudłami. Długości krzywej przejściowej z rampami krzywoliniowymi powinny spełniać trzy podstawowe warunki wynikające z ograniczenia [1] :

- dopuszczalnej szybkości zmian przyspieszenia ψ_{dop} ,
- dopuszczalnej prędkości podnoszenia się koła f_{dop} ,
- minimalnej wartości przesunięcia łuku do wewnątrz n_{min} .

Uważa się, że dla ramp krzywoliniowych dopuszczalne wartości ψ i f mogą być dwa razy większe niż dla krzywych przejściowych z rampami prostymi, ponieważ występują tylko w jednym punkcie i zmieniają się stopniowo. Mimo to mechaniczne podwajanie dopuszczalnych wartości zdaniem H. Bałucha [1] nie powinno być stosowane. Analizie

powinny być poddane wyjściowe wartości przyjmowane dla ramp prostych. Podwojenie f_{dop} bez sprawdzenia skutków tego działania doprowadzić może do zbyt dużej wichrowatości. Wymagane wydłużenie krzywej przejściowej można osiągnąć przez odpowiednio dobrane pochylenie rampy przechyłkowej 1 : m (por. wzór 14).

Największą prędkość bez przesuwania łuku można osiągnąć zastępując parabolę trzeciego stopnia krzywą przejściową z rampą przechyłkową w postaci paraboli trzeciego stopnia (nieznacznie gorsza jest pod tym względem cosinusoida). Przesunięcia łuku przy stosowaniu krzywych z rampami krzywoliniowymi są znacznie mniejsze, lecz tylko przy pewnym stosunku krzywej z rampą prostą do krzywej z rampą krzywoliniową.

Przedstawione zamierzenia ČD i ŽSR świadczą o co najmniej dwóch kierunkach działania w zakresie optymalizacji układu geometrycznego korytarzy kolejowych : stosowania krzywych przejściowych z rampami krzywoliniowymi oraz podwyższenia wartości przechyłki niezrównoważonej. Z praktyki eksploatacyjnej wiadomo jednak, że zniekształcenia ramp przechyłkowych są niekiedy znacznie większe niż różnice między teoretycznymi kształtami ramp prostych i krzywoliniowych.

Literatura

1. Bałuch H. : Optymalizacja układów geometrycznych toru. WKŁ, Warszawa 1983.
2. Gazda J. : Dlhodobý program rozvoja železničných dopravných ciest z pohľadu ŽSR. Zborník VI seminariu VRT, VŠDS Žilina, Słowacja, listopad 1995.
3. Hřebačka M. : Příspěji vozidla s výkyvnými skříněmi k výraznému zvýšení rychlosti na koridorových tratích. Zborník VI seminariu VRT, VŠDS Žilina, Słowacja, listopad 1995.
4. Palik F. : Vysokorychlostní a modernizované železnice a nekonvenční dopravní systémy. Zborník VI seminariu VRT, VŠDS Žilina, Słowacja, listopad 1995.
5. Pawlicki J. : Modernizácia trati PKP. Zborník III seminariu VRT v ČSFR, VŠDS Žilina, Czechosłowacja, listopad 1992.
6. Problemy finansowo - organizacyjne modernizacji linii kolejowej E 20 Kunowice - Warszawa - Terespol. Przegląd Kolejowy nr 1/94 s. 18 - 21.
7. Sikora R. : Modernizacja w PKP to dostosowanie się do nowych warunków rynkowych. Przegląd Kolejowy nr 1/94 s. 1 -12.

8. Sikora R. : Kierunkowy program rozwoju linii kolejowych duzych prędkości w Polsce. Przegląd Kolejowy nr 2/95 s. 5 - 19.
9. Sikora R. : Rozwój sieci kolejowej międzynarodowego znaczenia w Polsce - wybrane problemy programowania. Przegląd Komunikacyjny nr 7/95 s. 15 - 20.
10. Wielądek A. : Ważne porozumienie w sprawie E 20. Przegląd Kolejowy nr 5/95 s. 4 - 6.
11. Zajęcki E. : Wagony z pudłami nachylanymi w łukach torowych. TTS nr 3/94 s. 12 - 15.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Wpłynęło do Redakcji 10.11.1995 r.

Abstract

The article presents the range of conceptional, modernization and investment projects in which ČD and ŽSR authorities are involved in the aspect of the implementation of AGC and AGTC agreements. Slovakia, the Czech Republic and Poland took on the obligation to adapt railway lines of international significance to European standards.

The analysis concerns the state-of-the-art railway corridors estimation in the mentioned countries from the point of view of the possible use of them by the Polish State Railways (PKP) in future exploitation including transit. Special attention was given to the experience of ČD in connection with the introduction in service of E 680 carriages with deflecting boxes. The need of the application of this type of rolling stock ought to be taken into consideration for the Polish State Railways network as well, especially in difficult ground conditions (dense building development along the route Wrocław - Kraków, hilly and mountainous areas, unfriendly geological conditions).