

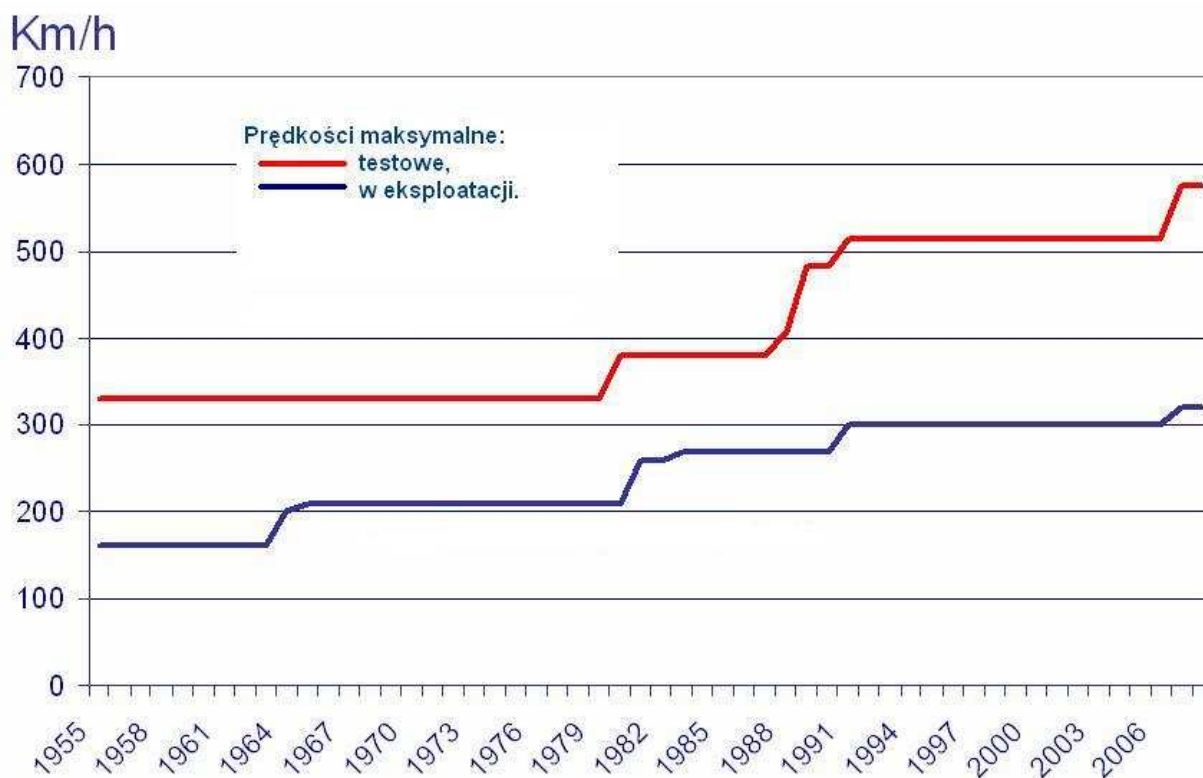
Andrzej Żurkowski¹
Instytut Kolejnictwa

Przesłanki wyboru prędkości maksymalnej pociągów na liniach szybkiego ruchu

1. WPROWADZENIE

Budowa linii szybkiego ruchu stanowi ogromne wyzwanie techniczne i technologiczne. Na organizowanych przez UIC i odbywających się co dwa lata Światowych Kongresach Kolei Dużych Prędkości można prześledzić imponujący postęp w tym zakresie. Jest przy tym rzeczą charakterystyczną, że zasadniczą część uwagi poświęca się na nich właśnie sprawom techniki oraz rozwoju sieci połączeń w kolejnych krajach, a stosunkowo mniej zagadnieniom z zakresu organizacji przewozów, czy też – w ich kontekście – ekonomii. Podejście takie wynika niewątpliwie z fascynacji możliwościami coraz szybszego pokonywania przestrzeni transportem naziemnym oraz koniecznością udzielenia odpowiedzi na związane z tym niezliczone pytania techniczne i technologiczne.

Historyczny rozwój prędkości osiąganych na liniach kolejowych (w tym od 1964 roku – na liniach KDP) przedstawiono na rysunku 1. Porównanie prędkości uzyskiwanych w czasie jazd testowych oraz stosowanych w eksploatacji prowadzi do wniosku, że z technicznego punktu widzenia możliwe jest obecnie osiągnięcie znacznie wyższych prędkości, niż to ma miejsce w eksploatacji.



Rys. 1. Wzrost prędkości maksymalnych na kolei od 1955 roku

Źródło: UIC.

W początkowym okresie powstawania linii szybkiego ruchu zagadnienie wyboru prędkości maksymalnej w zasadzie nie było rozważane² [1, 4]. Potwierdzają to także doświadczenia polskie związane

¹ azurkowski@ikolej.pl

z wprowadzaniem prędkości 160 km/h na CMK. Wybór tej prędkości wynikał bezpośrednio z uwarunkowań technicznych związanych z konstrukcją toru i taboru, a zatem z punktu widzenia możliwej optymalizacji (lub choćby racjonalizacji) tego parametru miał charakter arbitralny [3].

Znacznie większe obecnie możliwości techniczne powodują, że zarówno w odniesieniu do nowych linii dużych prędkości (LDP), jak i gruntownie modernizowanych linii klasycznych potrzebna jest głębsza refleksja techniczna i ekonomiczna nad podstawową kwestią, jaką właściwie prędkość maksymalną należałoby na nich zastosować. W Polsce pojawiają się bowiem liczne wypowiedzi ekspertów, którzy w sposób stanowczy, chociaż nie poparty żadną analizą wskazują, że określona prędkość (np. 160, 200 czy 250 km/h) jest w warunkach polskich wystarczająca [2].

W artykule odwołano się do – już blisko pięćdziesięcioletnich – międzynarodowych doświadczeń w zakresie stopniowego podnoszenia prędkości maksymalnej na liniach KDP. Wychodząc od uwarunkowań technicznych, które wyznaczają jednocześnie przestrzeń możliwych rozwiązań zaproponowano metodę pozwalającą zobiektywizować wybór takiej prędkości.

Wybór taki, z uwagi na obszerny (i dyskusyjny) zbiór kryteriów, podobnie jak możliwa do przeprowadzenia optymalizacja w ścisłym, matematycznym znaczeniu będą miały zawsze charakter uproszczony.

2. PODSTAWOWE POJĘCIA ZWIĄZANE Z PRĘDKOŚCIAMI NA KOLEI

Klasyfikacja prędkości w transporcie kolejowym opiera się na wyróżnieniu dwu podstawowych rodzajów prędkości:

- **maksymalnych** (v_{max}), które są możliwe do osiągnięcia w zależności od konstrukcji i stanu linii kolejowych, urządzeń sterownia ruchem kolejowym i systemów zasilania oraz rodzaju stosowanego taboru kolejowego,
- **średnich (przeciętnych)**, które charakteryzują przebieg procesu eksploatacyjnego na kolei (v_{sr}).

Z oczywistych względów $v_{sr} < v_{max}$. Dokładny wykaz rodzajów prędkości wraz z ich definicjami przedstawiono w tabelicy 1.

Maksymalna prędkość jazdy pociągu v_j dla danych warunków eksploatacyjnych jest równa mniejszej z dwu prędkości: drogowej v_d oraz pociągu v_p , co można zapisać formalnie w postaci:

$$v_j = \min\{v_d, v_p\} \quad (1)$$

Prędkość średnia z jaką realizowany jest przejazd danego pociągu wynika zasadniczo z możliwej do osiągnięcia maksymalnej prędkości jazdy v_j oraz sposobu organizacji ruchu kolejowego, odwzorowanego w postaci rozkładu jazdy i dającego się opisać za pomocą prędkości technicznej v_t .

Tabela 1. Prędkości maksymalne i średnie w transporcie kolejowym

Rodzaj prędkości	Oznaczenie	Nazwa prędkości	Definicja
v_{max} maksymalna	v_d	drogowa	Prędkość możliwa do uzyskania na danym odcinku linii kolejowej.
	v_p	pociągu	Prędkość możliwa do uzyskania danym rodzajem taboru.
	v_j	jazdy	Prędkość jazdy pociągu.
v_{sr} średnia (przeciętna)	v_t	techniczna	Prędkość osiągana przez pociąg na całej trasie przejazdu z odliczeniem postojów handlowych na stacjach i przystankach.
	v_h	handlowa	Prędkość osiągana przez pociąg na całej trasie przejazdu z uwzględnieniem postojów handlowych.

Źródło: [4, 5].

Z punktu widzenia podróżnego najważniejsza jest ostatecznie prędkość handlowa v_h , przesądzająca o całkowitym czasie podróży na trasie L . Związek tej prędkości z maksymalną prędkością jazdy pociągu na

² Międzynarodowe, interdyscyplinarne studia nad tym zagadnieniem są obecnie podejmowane przez UIC.

kolejnych odcinkach i opisuje wartość tzw. współczynnika wykorzystania prędkości maksymalnej pociągu w_{max} postaci:

$$w_{max} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{v_h^i}{v_j^i} \cdot \frac{l^i}{L} \right) \quad (2)$$

gdzie:

n – liczba odcinków i , na jaką podzielono całą trasę,

L – długość trasy [km],

l_i – długość odcinka i [km].

Wartość w_{max} wynosi zazwyczaj od 0,6 na liniach klasycznych do 0,9 na liniach dużych prędkości. Wynika to z dłuższych odległości pomiędzy stacjami na liniach KDP, specjalizacji linii oraz jednorodnego ruchu pociągów, co przekłada się na jego nieporównanie większą płynność. W praktyce wartość w_{max} należy interpretować jako miernik oceny wykorzystania możliwości technicznych linii kolejowych w procesie eksploatacyjnym kolei.

Przykład [7].

Obliczenie współczynnika w_{max} dla pociągów kwalifikowanych Warszawa – Kraków (przez CMK) wymaga podzielenia całej relacji na trzy odcinki pomiędzy stacjami Warszawa Centralna, Grodzisk Mazowiecki, Psary i Kraków Główny. Potrzebne dane oraz wyniki obliczeń zestawiono w tabelicy 2.

Tabela 2. Współczynnik w_{max} dla relacji Warszawa – Kraków (przez CMK).

Parametry dla kolejnych odcinków i	Odcinki relacji Warszawa – Kraków			Ogółem relacja
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	
długość l_i	30 km	170 km	92 km	L = 292 km
udział w trasie l_i/L	0,1	0,58	0,32	1,0
prędkość jazdy v_j	120 km/h	160 km/h	120 km/h	120 – 160 km/h
czas jazdy t_j	0 h 25	1 h 10	1 h 00	2 h 35
prędkość handlowa v_h	69,6 km/h	145,7 km/h	92 km/h	113 km/h
współczynnik w_{max} (2)	0,58	0,91	0,77	0,832

Zródło: opracowanie własne.

Warto zauważyć, że obliczając w_{max} ze wzoru (2) bezpośrednio dla całej relacji, czyli dla wartości $v_j = 160$ km/h oraz $v_h = 113$ km/h otrzymuje się $w_{max} = 0,71$, czyli wartość mniejszą niż 0,832. Podział na odcinki o różnych prędkościach jazdy v_j pozwala zatem bardziej precyzyjnie ocenić proces eksploatacyjny.

Granica pomiędzy tzw. kolejami klasycznymi a Kolejami Dużych Prędkości ma zresztą charakter umowny i w pewnej mierze wynika z rodzaju stosowanego taboru. Z uwagi na różne uwarunkowania techniczne do prędkości 200 km/h możliwe jest stosowanie tradycyjnych składów zestawionych z wagonów i lokomotyw, a powyżej tej prędkości konieczne jest zastosowanie pociągów zespołowych lub zespołów trakcyjnych.

Stąd również w kategoriach formalno – prawnych za KDP uznaje się w Europie koleje o prędkościach co najmniej 250 km/h na nowych, specjalnie wybudowanych liniach dużych prędkości oraz 200 km/h na liniach zmodernizowanych³. Podobne progi prędkości obowiązują w Japonii⁴ (200 km/h) oraz w Stanach Zjednoczonych⁵ (125 mph)

Rozważania na temat wyboru prędkości maksymalnej pociągów prowadzone w kolejnych rozdziałach odnosić się będą zasadniczo do KDP, chociaż są one również uprawnione w stosunku do kolei konwencjonalnej. Różnica polega na tym, że na liniach tradycyjnych – przy założeniu tzw. ruchu mieszanego, czyli przewozu pasażerów i ładunków – wybór prędkości polega przede wszystkim na decyzji odnośnie do prędkości drogowej v_d . Zakłada się bowiem, że po nowej (a częściej – zmodernizowanej) infrastrukturze poruszać się będą pociągi o różnych wartościach prędkości v_p , zarówno pasażerskie jak i towarowe.

³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. (Załącznik I).

⁴ Nationwide Shinkansen Railway Development Act (No 71, 18.05.1970).

⁵ 2010 US Code, Title 49 „Transportation”.

Budowane obecnie linie KDP są z zasady przeznaczone wyłącznie do ruchu pasażerskiego i projektowane przy założeniu, że $v_d = v_p$. Wybór prędkości maksymalnej odnosi się zatem do całego systemu takiej kolei, obejmującego zarówno linie kolejowe jak i stosowany tabor. Możliwość prowadzenia na tych liniach jednocześnie szybkiego ruchu regionalnego w celu pełniejszego wykorzystania ich zdolności przewozowych wymaga również odpowiedniego doboru prędkości takich pociągów, zazwyczaj z zakresu 160–200 km/h.

3. DOŚWIADCZENIA W ZAKRESIE STOSOWANIA PRĘDKOŚCI MAKSYMALNEJ

Zgodnie z wieloletnią tradycją techniczną progi prędkości maksymalnych na kolei definiowane były jako całkowita wielokrotność liczby 20, a zatem: 80, 100, 120, 140, 160 czy 200 km/h. Wskazany próg kolei dużych prędkości w Europie to 250 km/h (już bez zachowania powyższej zasady), a dalej 280, 300, 320 i – jak na dzień dzisiejszy – 350 (380) km/h.

Określenie warunków technicznych wyboru prędkości maksymalnej pociągów na LDP oznacza jednocześnie wyznaczenie zbioru rozwiązań dopuszczalnych, a zatem prowadzi do ustalenia, jakie prędkości pociągów dużych prędkości są obecnie możliwe do zrealizowania z punktu widzenia współczesnej techniki i technologii.

Precyzyjne analizowanie takich warunków oznaczałoby konieczność odwołania się do kolejno do wszystkich elementów systemu KDP, składających się zarówno na infrastrukturę kolejową, jak i stosowany tabor⁶. Nie wnikając w tak szczegółowe rozważania można przyjąć, że miarodajnym wskazaniem współczesnych możliwości technicznych KDP są ustanawiane w kolejnych latach rekordy prędkości.

Stosując powyższe kryterium można przyjąć, że obecnie graniczna prędkość maksymalna wynosi 574,8 km/h i odpowiada prędkości osiągniętej przez skład eksperymentalny V150⁷ produkcji Alstom w dniu 3 kwietnia 2007 roku. Zatem brzegowe warunki optymalnej prędkości KDP wynikające ze stanu techniki wynoszą obecnie (przedział lewostronnie domknięty):

$$v_{\max} = \{x : 250 \leq x < 574,8\} \quad (3)$$

Z teoretycznego punktu widzenia optymalizacja v_{\max} może prowadzić do rozwiązania o dowolnej wartości x z powyższego przedziału. Jak już jednak wspomniano z przyczyn praktycznych na kolei stosuje się określone progi prędkości maksymalnych. Zatem należy postawić warunek $x \in N$ oraz dodatkowo wprowadzić wymóg podzielności przez liczbę 10. Otrzymujemy zatem ostatecznie:

$$v_{\max} = \{x : 250, 260, 270, \dots, x, \dots, 550, 560, 570\} \quad (4)$$

Największą osiągalną obecnie prędkością KDP jest zatem 570 km/h. Ustalenie takie ma jednak głównie wymiar teoretyczny, gdyż jak pokazuje praktyka (rys.1) prędkości rzeczywiste stosowane na liniach dużych prędkości stanowiły w kolejnych latach: 0,66 (do roku 1981), 0,68 (od 1981), 0,58 (1990) i 0,56-0,61 (2007) prędkości rekordowej. Z tych powodów zbiór opisany równaniem (4) należałoby ograniczyć do zakresu:

$$v_{\max} = \{x : 250, 260, 270, \dots, x, \dots, 380, 400\} \quad (5)$$

Powyższe podejście analityczne jest zgodne z intuicją i znajduje potwierdzenie w wymiarze realnych zastosowań. Prędkość maksymalna 400 km/h jest najwyższą jaką rozważa się obecnie w opracowaniach strategicznych [1, 3].

Warto przy tym podkreślić, że w praktyce eksploatacyjnej pociągi KDP kursują zazwyczaj z prędkościami o około 20–25 km/h niższymi od prędkości maksymalnej, co uznawane jest jako zgodne

⁶ Zbiorcze zestawienie prędkości maksymalnych wynikających z możliwości technicznych poszczególnych podsystemów określono w latach 80-tych w CNTK (obecnie Instytut Kolejnictwa) mianem *Technicznej Karty Prędkości*.

⁷ Nazwa składu V150 pochodzi od „bazowej” prędkości konstrukcyjnej na jaką został przewidziany, tj. 150 m/s (540 km/h); skład zbudowano w oparciu o piętrowy (tzw. Duplex) skład TGV 4402 zestawiony z dwu lokomotyw i trzech wagonów, zatem skracając go o połowę (z 200 na 106 m); średnicę kół powiększono z 920 do 1092 mm i znacznie rozbudowano system trakcji. Ogółem masa składu wynosiła 268 t.

z rekomendacją producentów taboru oraz odpowiada ogólnym warunkom technicznym utrzymania linii kolejowych⁸ [3].

Możliwości techniczne osiągania coraz wyższych prędkości maksymalnych na LDP nie znajdują w ostatnich latach potwierdzenia w praktyce eksploatacyjnej. Szereg kolei dysponujących znaczącym doświadczeniem, a zarazem możliwościami w tym zakresie ogranicza bowiem jej podnoszenie, a nawet ją zmniejsza, co obrazuje to poniższy, krótki przegląd [1].

W Japonii tradycyjnie nie przywiązuje się wagi do osiągania bardzo dużych prędkości. Shinkansen, pierwszy pociąg KDP na świecie, który rozpoczął kursowanie 1.10.1964 roku pokonywał odległość 515 km z Tokio do Osaki w 4 godziny, początkowo z prędkością 200 km/h. Jej podniesienie po około roku eksploatacji do 210 km/h pozwoliło skrócić czas przejazdu do 3 godz. 10 minut. Obecnie, pomimo pomyślnie zrealizowanych testów na 360 km/h, stosuje się prędkość 320 km/h. Podstawowe przesłanki takiego wyboru to hałas (duża część linii dużych prędkości w Japonii przebiega w terenie silnie zurbanizowanym), drgania w torze i w taborze, a także obawa przed trzęsieniami ziemi. Głównymi celami stawianymi przed szybką koleją okazują się bezpieczeństwo i punktualność.

We Francji doświadczenia RFF (zarządcy infrastruktury) z linią tzw. wschodnioeuropejską z Paryża w kierunku granicy z Niemcami, pierwszą możliwą do pokonania na całej długości z prędkością powyżej 300 km/h pokazały, że konieczne są częstsze niż planowano prace utrzymaniowo – naprawcze. Doświadczenie to spowodowało odsunięcie w czasie wprowadzenia prędkości 360 km/h.

W Hiszpanii na linii Madryt – Barcelona zastosowano początkowo prędkość 350 km/h licząc na znaczne efekty rynkowe. Obecnie została ona zmniejszona do 300 km/h.

W Chinach z dniem 1 lipca 2011 roku zredukowano prędkość maksymalną wielu pociągów z 350 do 300 km/h, pozostawiając kilka połączeń na 350 km/h obsługiwanych taborami Hitachi i Siemens oraz nie rezygnując z wprowadzenia do eksploatacji nowego składu produkcji Bombardier na 380 km/h w 2012 roku.

Powyższy przegląd wskazuje, że pomimo dotychczasowych, niewątpliwych osiągnięć technicznych wzrost prędkości wymaga dalszego rozwiązywania podstawowych problemów: napędu pociągów zespołowych (zespołów trakcyjnych), zmniejszenia zużycia energii, ograniczenia hałasu, poprawy stabilności jazdy, zwiększenia wydajności hamulców, doskonalenia sygnalizacji, zmniejszenia zużycia pojazdów i elementów nawierzchni kolejowej. Koleje dużych prędkości okazują się zatem „sztuką trudną i wymagającą stosowania zaawansowanej technologii, która nie jest łatwa do osiągnięcia” [1].

Nie przeczy to zasadności poszukiwania odpowiednich metod, które w kontekście uwarunkowań technicznych pozwoliłyby ocenić prędkość maksymalną. W prowadzonych dalej rozważaniach poszukiwana będzie prędkość maksymalna z przedziału od 250 do 400 km/h.

4. KRYTERIA EKONOMICZNE WYBORU PRĘDKOŚCI MAKSYMALNEJ

Opisane powyżej warunki techniczne wyznaczają ograniczenie w procesie optymalizacji prędkości maksymalnej.

Kryteria takiej optymalizacji najwygodniej jest sformułować sprowadzając problem do zagadnienia ekonomicznego. Francuski ekonomista M. Warlave, zajmujący się od wielu lat zagadnieniami KDP, proponuje trzy zbiory takich kryteriów [4]:

- przewozowe, czyli szczególnie istotne z punktu widzenia przewoźnika,
- infrastrukturalne, czyli dotyczące całego systemu kolei,
- społeczne, obejmujące między innymi koszty zewnętrzne związane z ekologią itp.

Tak pogrupowane kryteria stają się podstawą do sformułowania trzech funkcji, stanowiących łącznie „bilans ekonomiczny prędkości”. Przed ich przedstawieniem należy zwrócić uwagę, że zależność czasu jazdy (w rozumieniu: podróży) t_p od prędkości v nie jest funkcją liniową, zatem w obliczeniach należy uwzględnić funkcję **czasu jazdy** f_c (potęgowa), opisaną równaniem postaci:

⁸ W tej sytuacji należałoby rozważyć wprowadzenie pojęcia prędkości „nominalnej”, opisującą linię szybkiego ruchu (np. 250, 300 czy 320 km/h) oraz „rzeczywistej” (lub „eksploatacyjnej”), mniejszej o około 10%.

$$f_c(v) = A \cdot v^B \quad (6)$$

gdzie $A > 0$ oraz $B < 0$.

O wyborze prędkości optymalnej decydują trzy następujące zależności [4] (z zachowaniem oryginalnego nazewnictwa).

Funkcja **przewozów/przychodów** f_p (logarytmiczna), opisana równaniem postaci:

$$f_p(v) = C \cdot \ln(v) + D \quad (7)$$

gdzie $C > 0$ oraz $D > 0$.

Funkcja **kosztów eksploatacyjnych** f_k (wykładnicza) opisana równaniem postaci:

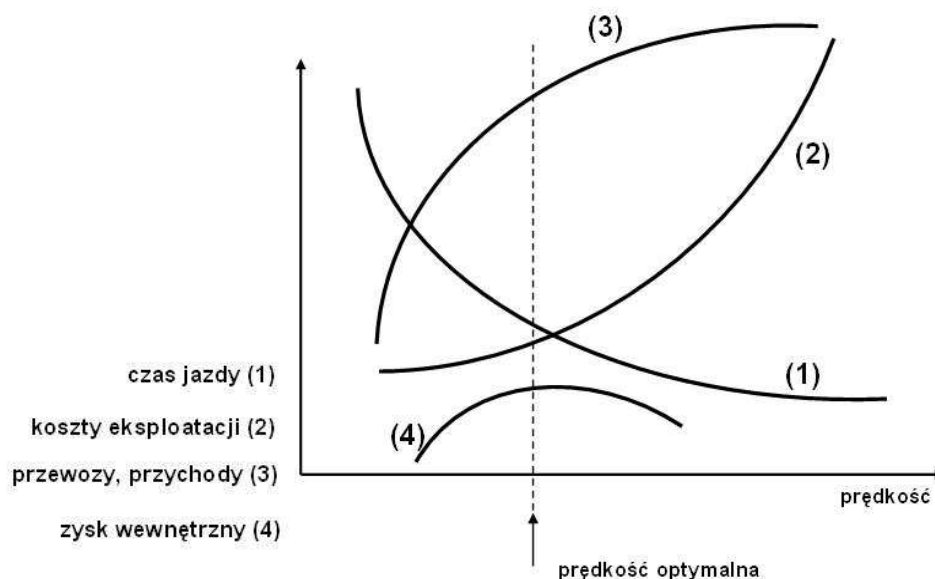
$$f_k(v) = E \cdot e^{F \cdot v} \quad (8)$$

gdzie $E > 0$ oraz $F < 0$.

Funkcja **korzyści wewnętrznych** f_c (wielomianowa) opisana równaniem postaci:

$$f_w(v) = G \cdot v^3 + H \cdot v^2 + I \cdot v + J \quad (9)$$

Ustalenie zbioru parametrów $\{A, \dots, J\}$ dla powyższych funkcji oraz zbadanie ich przebiegu pozwala na ustalenie prędkości optymalnej, co przedstawiono schematycznie na rysunku 2.



Rys. 2. Prędkość KDP optymalna ekonomicznie

Źródło:[4].

5. PROPONOWANA METODA WYBORU PRĘDKOŚCI MAKSYMALNEJ

Podejście ekonomiczne opisane w poprzednim rozdziale zakłada obustronną ciągłość wprowadzonych funkcji, nieujemnych w badanym przedziale. Wyznaczona w ten sposób prędkość optymalna v_{opt} jest liczbą rzeczywistą dodatnią ($v_{opt} \in R_+$). Należy zatem przyjąć, że wynik opisanego postępowania stanowi podstawę do wyboru takiej prędkości v_{max} ze zbioru (5), że:

$$\Delta = |v_{max} - v_{opt}| \rightarrow \min \quad (10)$$

Powyższe podejście, bezwarunkowo poprawne, ale wymagające znalezienia optimum spośród kilku funkcji, można zastąpić metodą uproszczoną (o naturze heurystycznej), która ma charakter uniwersalny i pozwala na uwzględnienie dowolnego zbioru kryteriów technicznych, organizacyjnych, handlowych i ekonomicznych.

Podstawowe założenia takiej metody wynikają z następujących, opisanych uprzednio spostrzeżeń:

- liczba możliwych rozwiązań wyboru prędkości maksymalnych jest skończona i w praktyce obejmuje jedynie kilka (kilkanaście) wartości, np. 200, 220, 250, 260, 280, 300, 320, 350, 360, 380 lub 400 km/h,
- obliczenia powinny być prowadzone w odniesieniu do konkretnej linii kolejowej lub kilku linii, stanowiących wspólną sieć połączeń (np. obsługiwanych jednym rodzajem taboru),
- funkcja celu powinna prowadzić do rozwiązania najtańszego w kategoriach ekonomicznych, ewentualnie ocenianego następnie na podstawie dodatkowych wskaźników,
- wybór prędkości powinien uwzględniać fakt, że pociągi kursować będą z prędkościami o około 10% niższymi niż wskazana prędkość „nominalna”.

Algorytm postępowania w najprostszym przypadku, tj. dla istniejącej linii kolejowej oraz przypisanego jej taboru obejmuje następujące kroki.

Krok (1). Ustalenie zbioru prędkości maksymalnych, możliwych do zastosowania na badanej linii (sieci połączeń) np. $v_{max} = \{x: 250, 280, 300, 320\}$, dla których przeprowadzane będą obliczenia.

Krok (2). Ustalenie zbioru kryteriów o charakterze ekonomicznym, według których (wstępnie) będzie oceniana (każda wybrana) prędkość maksymalna, np.:

po stronie kosztów:

- prognozowane koszty eksploatacji infrastruktury (utrzymanie, naprawy), obliczone lub znane na podstawie doświadczenia,
- koszty energii zużywanej w związku z przejazdami pociągów o określonej prędkości maksymalnej,
- liczba składów potrzebnych do obsługi założonych połączeń,
- koszty zatrudnienia taboru, ich napraw i utrzymania,
- koszty zatrudnienia personelu (drużyn pociągowych).

po stronie przychodów:

- przychody w zależności od wielkości prognozowanych przewozów.

Określenie spodziewanej wielkości przewozów w zależności od stosowanej prędkości jazdy wymaga zastosowania narzędzi z dziedziny modelowania transportu⁹. Podział modalny jest możliwy do ustalenia na przykład z wykorzystaniem tzw. model „cena–czas”, a wielkość potoków generowanych dodatkowo dzięki zwiększeniu prędkości przy użyciu na przykład tzw. modelu grawitacyjnego [7].

Krok (3). Wybór prędkości maksymalnej stanowiącej optymalne (lub sub-optymalne) rozwiązanie ustalone w oparciu o dotychczasowe kryteria.

Krok (4). Ustalenie zbioru kryteriów dodatkowych, według których będzie ostatecznie wybrana prędkość maksymalna, np.:

- skutki zastosowania wybranej prędkości dla środowiska naturalnego,
- efekt cieplarniany i emisja CO₂,
- hałas i możliwość jego redukcji.

Niektóre z kryteriów dodatkowych możliwe są do policzenia już w kroku 2 na podstawie porównania np. kosztów emisji CO₂ i obliczonych na tej podstawie oszczędności dzięki zastąpieniu transportu lotniczego i/lub drogowego przewozami kolejowymi.

Krok (5). Ostateczny wybór prędkości maksymalnej, optymalnej dla badanych warunków, tj. istniejącej linii KDP.

W przypadku linii projektowanych lista kroków musi również obejmować analizę kosztów budowy linii i zakupu taboru do projektowanej prędkości maksymalnej.

⁹ W Polsce przyjęła się jej dłuższa nazwa: *modelowanie podróży i prognozowanie ruchu*.

6. WNIOSKI

W problemie wyboru prędkości maksymalnej pociągów na liniach KDP zbiór możliwych rozwiązań jest skończony i przeliczalny, a przestrzeń dopuszczalnych rozwiązań wyznaczają warunki techniczne oraz zasady funkcjonowania kolei. Wybrana prędkość „optymalna” należy do ustalonego zbioru stosowanych w praktyce prędkości „kolejowych”.

W celu określenia prędkości optymalnej najprostsza metoda polega na przeprowadzeniu rachunku ekonomicznego i zbadaniu konsekwencji technicznych, organizacyjnych, handlowych kolejno dla wszystkich możliwych do zastosowania prędkości optymalnych.

Pomimo istnienia metod obliczania v_{max} skomplikowana materia rzeczy powoduje, że koleje stosują w praktyce metodę „prób i błędów”, czyli na podstawie doświadczeń z danym poziomem prędkości podejmują decyzję o jej modyfikacji oceniając po pewnym czasie ocenę skutków.

Streszczenie

Wybór prędkości maksymalnej pociągów na liniach KDP podyktowany był dotychczas głównie możliwościami technicznymi. Zanotowany w ostatnich latach postęp technologiczny umożliwia obecnie znaczne podwyższenie granicy takiej prędkości, ale jednocześnie powstaje pytanie o możliwości jej optymalizacji lub chociażby racjonalnego wyboru. W artykule przedstawiono podstawowe przesłanki do takich decyzji wskazując i analizując najważniejsze uwarunkowania techniczne, organizacyjne, handlowe i ekonomiczne. Prędkość z jaką prowadzony jest ruch pociągów na liniach KDP powinna być zatem optymalna w kontekście przyjętych kryteriów, a zatem niższa lub – w szczególnym przypadku – równa prędkości maksymalnej wynikającej z aktualnych możliwości technicznych. Zastosowanie takiego rozwiązania oznacza wzmocnienie pozycji rynkowej kolei w systemie transportu publicznego oraz poprawę jej efektywności ekonomicznej.

Słowa kluczowe: koleje dużych prędkości, prędkość maksymalna.

The optimum speed in high speed railways – a conditions of choice

Abstract

The choice of maximum speed of trains on High Speed Lines till now have depended mainly on technical possibilities. The technological development observed in the past few years enables nowadays a significant increase of such speed, but at the same time a question arises about possibility of its optimization or at least of rational choice. In the paper the essential reasons of such decisions have being by presented by showing and analyzing the main technical, organizational and commercial conditions. The operating speed of trains on High Speed Lines should be optimal in the context of received criteria, that means lower or – in the special case – equal of the maximum speed resulting from current technical possibilities. Introduction of such solution strengthens the market position of the railway in the system of public transportation and improves her economic efficiency.

Key words: high speeds lines, maximum speed.

LITERATURA

- [1] Chapulut J.-N.: La grande vitesse ferroviaire. Développement durable. Centre d'analyse stratégique. Paris 2011.
- [2] Pomykała A.: 10 mitów o kolejach dużych prędkości, Technika Transportu Szybowego 1-2/2012.
- [3] Romo E., Sastre J.: The optimum speed in high speed railways, UIC Workshop on High Speed, Warsaw, November 2011.
- [4] Rus G. (red.): Economic Analysis of High Speed Rail in Europe. Editorial Biblioteca Nueva. Bilbao, 2009.
- [5] Walrave M.: 9 main issues about the optimal speed, UIC 6th World Congress on High Speed Rail, Amsterdam 2008.
- [6] Żurkowski A.: Ocena korzyści płynących z zastosowania prędkości 160 km/h na przykładzie korytarza transportowego Warszawa – Kraków, Wyd. Naukowe ITE Radom 2009 s. 394 – 403.
- [7] Żurkowski A.: Ruch i przewozy kolejowe, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2010.
- [8] Żurkowski A.: Badanie wpływu rytmizacji rozkładu jazdy na wykorzystanie taboru w przewozach pasażerskich, Logistyka 4/2011.