

Andrzej ŻURKOWSKI

Instytut Kolejnictwa
ul. J. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa
e-mail: azurkowski@ikolej.pl

BADANIE WPŁYWU RYTMIZACJI ROZKŁADU JAZDY NA WYKORZYSTANIE TABORU W PRZEWOZACH PASAŻERSKICH

Streszczenie:

Zastosowanie rytmizacji przewozów pasażerskich stanowi uatrakcyjnienie oferty przewozowej oraz pozwala na maksymalizację wykorzystania zdolności przewozowej, zwłaszcza na liniach o jednorodnym ruchu pociągów. Wprowadzenie w pełni symetrycznego rozkładu jazdy jest zagadnieniem skomplikowanym i wymaga uwzględnienia szeregu uwarunkowań techniczno – organizacyjnych. W artykule przeanalizowano zależności występujące pomiędzy rytmizacją przewozów a wykorzystaniem taboru kolejowego.

Słowa kluczowe: rozkład jazdy, rytmizacja, tabor

1. PRZESŁANKI RYTMIZACJI PRZEWOZÓW

Rytmizacja przewozów stanowi obecnie stosowany powszechnie w Europie sposób organizacji ruchu pociągów pasażerskich, którego celem jest sprostanie współczesnym wymaganiom rynku w zakresie przejrzystości oferty i dostępności (czasowej) transportu kolejowego. Przygotowanie i wprowadzenie takiego rozwiązania, zwłaszcza na obszarze rozbudowanej sieci kolejowej jest zagadnieniem skomplikowanym i wymaga wielu analiz obejmujących różne aspekty tego problemu.

Rytmiczny (inaczej: równoodstępowy lub cykliczny) rozkład jazdy znany jest już od wielu lat i polega na odprawianiu (odjazdach) pociągów ze stacji w stałych końcówkach godzin i minut. Zakładając, że czas jazdy pociągów na szlakach (lub na całej trasie przebiegu) jest jednakowy, to przyjazdy pociągów następują również w stałych odstępach czasu.

Co do samej zasady zastosowania takiego rozkładu jazdy, to jest on najkorzystniejszy zarówno z punktu widzenia przewoźników, ponieważ pozwala na sformułowanie czytelnej, wygodnej dla podróżnego oferty przewozowej [3], jak i z punktu widzenia zarządcy infrastruktury, ponieważ na liniach dwutorowych umożliwia maksymalne wykorzystanie zdolności przepustowej.

Współcześnie, zgodnie z zasadami organizacji pracy transportu kolejowego przyjętymi w Unii Europejskiej, wpływ na kształt rozkładu jazdy mają trzy podmioty: przewoźnik (operator przewozów) przygotowujący swój rozkład jazdy adekwatnie do oczekiwań rynku przewozowego, zarządca infrastruktury przyjmujący od operatorów zamówienia na rozkład jazdy i przekładający je na wykres ruchu pociągów oraz tzw. organizator publicznego transportu zbiorowego (minister transportu lub samorząd terytorialny), zamawiający określony wolumen pracy przewozowej.

Powyższa struktura powoduje, że w przypadku funkcjonujących na rynku wielu operatorów przewozów konieczne jest przyjmowanie szeregu kompromisów. W efekcie może to przekładać się na modyfikacje w ofercie przewozowej, która została przygotowana przez operatora i była podstawą sformułowania zamówienia złożonego u zarządcy infrastruktury.

Sytuacja w rzeczywistości jest jeszcze bardziej skomplikowana jeśli uwzględni się jednocześnie konieczność trasowania pociągów towarowych, co ma miejsce na liniach o tzw. ruchu mieszanym. Rytmizacja przewozów jest również utrudniona w przypadku kursowania na tych samych liniach kolejowych pociągów różnych kategorii lub o różnych charakterystykach trakcyjnych, co przekłada się na zróżnicowany czas zajętości szlaków kolejowych.

Z powyższych powodów ułożenie „idealnie równoodstępowego” rozkładu jazdy jest możliwe jedynie w wyjątkowych przypadkach. W artykule przedstawiono zarys problematyki związków występujących pomiędzy rytmiczną przewozów a planowaniem pracy taboru do przewozów pasażerskich. Opis ten poprzedzono uporządkowaniem zagadnień (w tym terminologii), które składają się na ogólną koncepcję tworzenia równoodstępowego rozkładu jazdy oraz przedstawiono fundamentalne zasady racjonalnego planowania pracy taboru.

2. CHARAKTERYSTYKA RÓWNOODSTĘPOWEGO ROZKŁADU JAZDY

Przystępując do opisu takiego rozkładu należy przede wszystkim odróżnić dwa pojęcia związane z rytmiczną przewozów [1]. W powszechnym rozumieniu równoodstępowy rozkład jazdy pociągów oznacza stałe końcówki godzin i minut odjazdu i przyjazdu pociągów odpowiednio ze stacji początkowej, pośrednich i końcowej, co znalazło swój wyraz w definicji sformułowanej w punkcie 1. Dla odróżnienia nazwijmy taki rozkład **cyklicznym**. Konsekwencje jego zastosowania mają głównie charakter marketingowy, a zatem odnoszący się do prezentacji oferty kolei na rynku przewozowym. Sama konstrukcja rozkładów jazdy pozostaje natomiast jedynie zmodyfikowaną wersją konwencjonalnego (tradycyjnego) rozkładu jazdy, w którym każdy pociąg trasowany jest oddzielnie, a wysiłek konstruktora skoncentrowany jest dodatkowo na uzyskaniu efektu stałych końcówek minut na poszczególnych stacjach.

W odróżnieniu od powyższego rozwiązania pełna rytmiczna oznacza zastosowanie tzw. **symetrycznych** rozkładów jazdy, a tym samym osiągnąć efekt w postaci powtarzających się godzin odjazdu i przyjazdu pociągów ma charakter dopiero wynikowy. Zasada symetryczności najpełniej zastosowana została w Szwajcarii, Belgii, Holandii oraz w Niemczech jako fundamentalna koncepcja, na której opiera się budowa rozkładów jazdy. Na kolejach francuskich rozkład taki zastosowano po raz pierwszy dopiero w grudniu 2007 roku, początkowo w przewozach regionalnych w Regionie Rodan – Alpy oraz na linii Kolei Dużych Prędkości (TGV) Paryż – Lyon – Marsylia [1].

W tym kontekście należy wyraźnie stwierdzić, że na kolejach w Polsce rytmiczną przewozów stosowano dotychczas jedynie w rozumieniu opisanym w punkcie 1, czyli jako rozkład cykliczny, a pełne wprowadzenie symetrycznych rozkładów jazdy przewidywane jest dopiero w przyszłości. Zastosowanie symetrycznego rozkładu jazdy wymaga przyjęcia (założenia), że:

- liczba pociągów na danej trasie (linia, relacja) jest taka sama w obu kierunkach,
- czasy przejazdu w obie strony są identyczne,
- liczba torów na stacjach kolejowych jest wystarczająca dla zorganizowania takiego ruchu pociągów.

Powyższe założenia oznaczają jednocześnie, że charakterystyki stosowanego w takim ruchu parku taboru są „homogeniczne”, tak w zakresie techniczno-ruchowym (przyspieszenia przy rozruchu i opóźnienia przy hamowaniu) jak i funkcjonalnym, co dotyczy w szczególności czasu potrzebnego na stacjach i przystankach do wymiany potoków

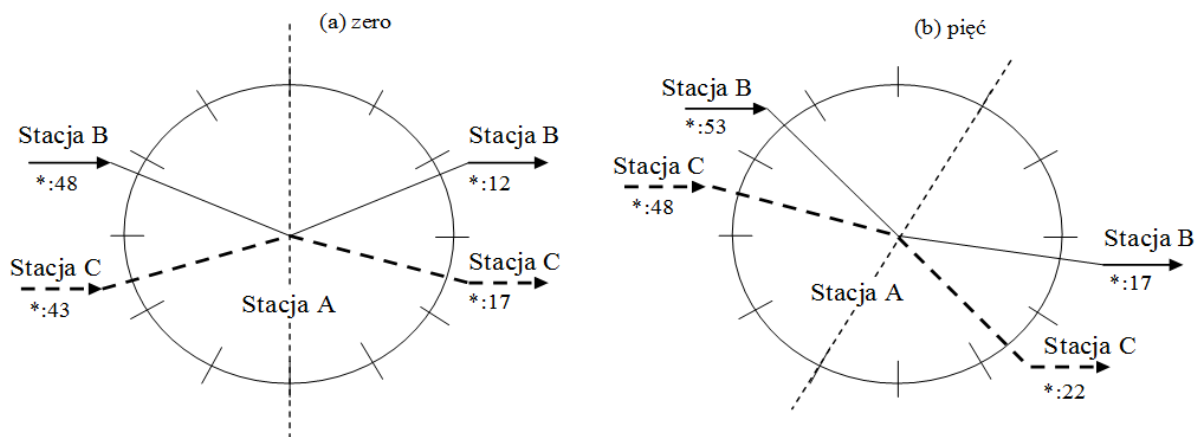
pociągowych (liczba i szerokość drzwi, przejścia wewnątrz wagonów itp.). W praktyce najlepszym rozwiązaniem okazuje się zastosowanie składów jednego typu (serii).

Kluczowym pojęciem związanym z symetrycznym rozkładem jazdy jest tzw. **oś symetrii** wykresu ruchu pociągów, którą definiuje się następująco. Rozpatrzmy rozkład przyjazdów i odjazdów pociągów na stację A. Niech S_1^A oraz S_2^A oznaczają odpowiednio końcówki minutowe przyjazdu i odjazdu pociągów z tego samego kierunku, które nazwijmy umownie „punktami symetrii”. Oś symetrii S opisuje równanie postaci:

$$S = 0,5 \cdot (S_1^A + S_2^A - 60) \quad (1)$$

W ujęciu planimetrycznym oś S można zatem interpretować jako oś symetrii kąta o wierzchołku w punkcie obrotu wskazówek zegara oraz o ramionach przechodzących przez punkty symetrii znajdujące się na jego obwodzie.

We wszystkich wymienionych uprzednio zarządach kolei przyjęto „oś symetrii zero” która oznacza, że suma minut przyjazdu i odjazdu „symetrycznych” pociągów na daną stację wynosi 60 minut (np. 10.12 oraz 10.48 11.17 i 11.43, itd.). Z punktu widzenia organizacji pracy taboru oznacza to, że gdyby oba pociągi (przyjeżdżający i najbliższy odjeżdżający) były obsługiwane jednym składem, to czas jego postoju na stacji zwrotnej wynosiłby odpowiednio 36 i 26 minut.



Rys. 1. Przykłady symetrycznego rozkładu jazdy dla stacji A o osiach symetrii (a) zero, (b) pięć
Źródło: opracowanie własne.

Symetryczny rozkład jazdy o ustalonej osi symetrii powinien być zastosowany na całej sieci kolejowej lub na jej wydzielonych fragmentach, a w układzie międzynarodowym – także na sieciach sąsiadujących ze sobą zarządów kolejowych, aby uniknąć potrzeby stosowania postojów kompensacyjnych pociągów międzynarodowych na stacjach granicznych. Otrzymuje się w ten sposób przejrzysty, strukturalny rozkład jazdy. Oferta przewozowa jest identyczna przy przejazdach w obu kierunkach podróży, co dotyczy także przesiadek na stacjach węzłowych.

Z opisanych uwarunkowań wynika, że najlepiej predestynowanymi do stosowania symetrycznego rozkładu jazdy są linie i sieci kolejowe dedykowane do jednego rodzaju ruchu (w tym przypadku pasażerskiego), po których kursują składy pociągów o zunifikowanych charakterystykach. Przykładem takiego układu może być sieć połączeń liniami szybkiego ruchu lub sieć linii podmiejskich w ruchu aglomeracyjnym.

3. PLANOWANIE PRACY TABORU KOLEJOWEGO

Z planowaniem pracy taboru związane są dwa podstawowe pojęcia¹. **Obieg składu** oznacza uporządkowany zbiór Θ wszystkich pociągów p_i obsługiwanych kolejno tym samym składem:

$$\Theta = \{p_i : i = 1, \dots, P\} \quad (2)$$

gdzie: Θ – obieg składu (lokomotywy),
 p_i – kolejny pociąg obsługiwany danym składem,
 P – liczba pociągów obsługiwanych w danym obiegu.

Po zakończeniu obsługi pociągu p_P skład podejmuje ponownie obsługę pociągu p_1 lub przechodzi do pracy w innym obiegu.

Obrotem składu nazywa się czas trwania obiegu, definiowany następująco:

$$T = T_p + T_z = \sum_{p=1}^P t_p + \sum_{z=1}^Z t_z \quad (3)$$

gdzie: T – obrót składu (lokomotywy) [godz.],
 T_p – czas jazdy z pociągami [godz.],
 T_z – czas pobytu (tzw. przejścia) na stacjach zwrotnych [godz.],
 t_p – czas jazdy z pociągiem p [godz.],
 P – liczba obsługiwanych pociągów,
 t_z – czas z -tego przejścia na stacji zwrotnej [godz.],
 Z – liczba przejść na stacjach zwrotnych.

W przypadku długich relacji (czas jazdy ponad 24 godz.), w których każdy skład obsługuje parę pociągów jadących tam i z powrotem obrót składów podaje się zazwyczaj w dobach zaokrąglanych „w górę”, co jednocześnie wyznacza liczbę składów niezbędnych do obsługi takiego połączenia [2]:

$$T = \frac{1}{24} \cdot \left(\frac{L}{v'_h} + \frac{L}{v_h} + t_m + t_z \right) \quad (4)$$

gdzie: T – obrót składu (lokomotywy) [doba],
 L – długość relacji [km],
 v'_h – prędkość handlowa w kierunku „tam” [km/godz.],
 v_h – prędkość handlowa w kierunku powrotnym [km/godz.],
 t_m – czas przejścia na stacji macierzystej [godz.],
 t_z – czas przejścia na stacji zwrotnej [godz.].

Ze wzorów (3) i (4) wynikają dwa postulaty, mające podstawowy wpływ na efektywność wykorzystania taboru kolejowego:

- minimalizacji czasu jazdy z pociągami ($T_p \rightarrow \min$ oraz odpowiednio $L/v_h \rightarrow \min$),
- minimalizacji czasu przejścia na stacjach macierzystej i zwrotnych ($t_p, t_z \rightarrow \min$).

Możliwości skracania **czasu jazdy** pociągów są zazwyczaj ograniczone. Czas ten zależy głównie od stanu technicznego linii kolejowych oraz od sprawności prowadzenia ruchu pociągów. Odpowiednie związki można opisać za pomocą tzw. współczynnika wykorzystania prędkości maksymalnej pociągu w_{max} [4], wynoszącego średnio od 0,6 na liniach

¹ Te same pojęcia odnoszą się jednocześnie do pracy składów wagonowych lub lokomotyw pociągowych.

konwencjonalnych do 0,9 na liniach szybkiego ruchu². W oczywisty sposób wpływ na czas jazdy pociągu w danej relacji ma liczba planowych postojów na stacjach i przystankach oraz charakterystyki techniczne stosowanego taboru.

Radykalne skracanie czasów przejazdu pozwalające na odczuwalne zwiększenie efektywności pracy taboru (głównie poprzez zmniejszenie jego liczby niezbędnej do obsługi danego zbioru pociągów) jest zatem bardzo trudne. Znaczne oszczędności w pracy eksploatacyjnej może natomiast przynieść minimalizowanie łącznej sumy **czasów przejścia** składów (lub lokomotyw) na stacjach zwrotnych. Rozróżnić tu można dwa przypadki.

1. W wyniku konstrukcji **tradycyjnego rozkładu jazdy** przyjazdu i odjazdu ze stacji zwrotnych następują w różnych, „przypadkowych” godzinach; w celu sformułowania i rozwiązania zagadnienia optymalizacyjnego należy dla każdej takiej stacji zbudować tzw. macierz przejść C , a następnie znaleźć rozwiązanie metodą analityczną lub graficzną.

Macierz $C = (c_{ij})$ jest macierzą kwadratową o wymiarze $M \times M$, (gdzie M jest liczbą pociągów przyjeżdżających i odjeżdżających z danej stacji), a jej poszczególne elementy c_{ij} określa się następująco:

$$c_{ij} = \begin{cases} t_j^{odj} - t_i^{przyj} \Leftrightarrow t_j^{odj} \geq t_i^{przyj} + t^{przej}, \\ t_j^{odj} - t_i^{przyj} + 1440 \Leftrightarrow t_j^{odj} < t_i^{przyj} + t^{przej}. \end{cases} \quad (5)$$

gdzie: t^{przyj} , t^{odj} – terminy przyjazdu oraz odjazdu pociągów, odpowiednio i oraz j , gdzie $i, j = 1, 2, \dots, M$,

c_{ij} – czas przejścia składu (lokomotywy) pomiędzy pociągami i oraz j [min.],

t^{przej} – minimalny czas technologiczny niezbędny do podjęcia obsługi kolejnego pociągu,

1440 – liczba minut w dobie.

Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego polega na znalezieniu takiego zbioru przejść $\{c_{ij}\}$ o liczebności M , aby suma jego elementów była minimalna:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M c_{ij} \rightarrow \min \quad (6)$$

Jednocześnie liczba elementów wybranych w każdym wierszu i oraz w każdej kolumnie j musi być równa 1.

Powyższe zadanie może mieć kilka równoważnych rozwiązań. Zbiór wszystkich rozwiązań dla rozpatrywanych stacji (dla każdej z nich należy rozpatrywać odrębną macierz przejść) stanowi podstawę do przygotowania obiegu składów do obsługi wyznaczonych pociągów.

2. W **cyklicznym (równoodstępowym)** rozkładzie jazdy sekwencje przejść na stacjach zwrotnych powtarzają się. Liczbę składów (lokomotyw) potrzebnych do obsługi takiego ruchu pomiędzy dwoma ustalonymi stacjami o interwale (czasie) τ można obliczyć za pomocą wzoru:

$$n = \frac{T}{\tau} = \frac{2 \cdot t_j + t_z^A + t_z^B}{\tau} \quad (7)$$

gdzie: n – liczba składów,

T – obrót składu [godz.],

² Bardzo wysoki wskaźnik 0,94 przewidywany jest dla budowanej obecnie linii Pekin – Szanghaj (1318 km).

- t_j – czas jazdy z pociągiem w jedną stronę [godz.],
- t_z^A, t_z^B – czasy przejścia na stacjach zwrotnych A oraz B [godz.],
- τ – czas następstwa pociągów [godz.].

Powstaje pytanie, jaki wpływ na efektywność wykorzystania taboru do przewozów pasażerskich ma wprowadzenie symetrycznego rozkładu jazdy. Analizę występujących w tym zakresie związków przeprowadzono w rozdziale 4.

4. WPLYW RYTMIZACJI NA WYKORZYSTANIE TABORU

Zastosowanie równoodstępowego, symetrycznego rozkładu jazdy wprowadza znaczne usztywnienie w zakresie jego konstrukcji. Przyjęcie jako zasady osi symetrii przy danym czasie przejazdu pociągów (identycznym w obu kierunkach) oznacza, że ustalenie określonej godziny odjazdu pociągów z jednej ze stacji (np. A), w pełni określa cały rozkład jazdy dla rozpatrywanej linii kolejowej.

Badając związek występujący pomiędzy symetrycznym rozkładem jazdy a pracą taboru przewidzianego do obsługi opisanych tym rozkładem pociągów pasażerskich można posłużyć się następującym przykładem.

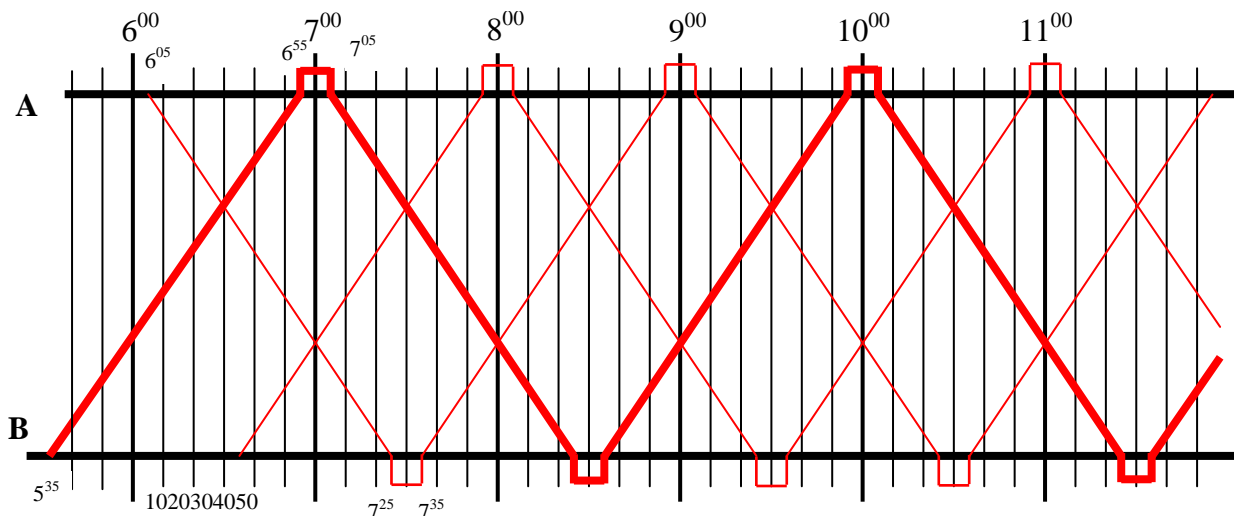
Przykład

Rozpatrzmy linię kolei dużych prędkości (KDP) pomiędzy stacjami A oraz B, gdzie czas przejazdu pociągów w każdym kierunku wynosi $t_j = 80$ minut, a ich ruch prowadzony jest na podstawie symetrycznego rozkładu jazdy z czasem następstwa $\tau = 60$ minut.

Dla porównania rozważyć można dwa przypadki, które różnią się między sobą ustalonymi punktami symetrii, wynikającymi z przyjętego S^A_2 równego *.05 oraz *.10minut odpowiednio w pierwszym i w drugim przypadku.

Przypadek 1.

Niech $S^A_2 = 5$, czyli pociągi wyjeżdżają ze stacji A po upływie 5 minut po pełnych godzinach. Uwzględniając czas jazdy $t_j = 80$ minut otrzymujemy $S^B_1 = 25$, czyli pociągi przyjeżdżają na stację B 25 minut po pełnych godzinach. Zachowując zasadę symetrii Zero ($S^B_1 + S^B_2 = 60$) otrzymujemy $S^B_2 = 35$ oraz po dodaniu czasu jazdy $S^A_1 = 55$. Oczywiście również na stacji A zasada Zero zostaje dochowana ($S^A_1 + S^A_2 = 60$).



Rys. 2. Wykres symetryczny na linii A – B (przypadek 1)

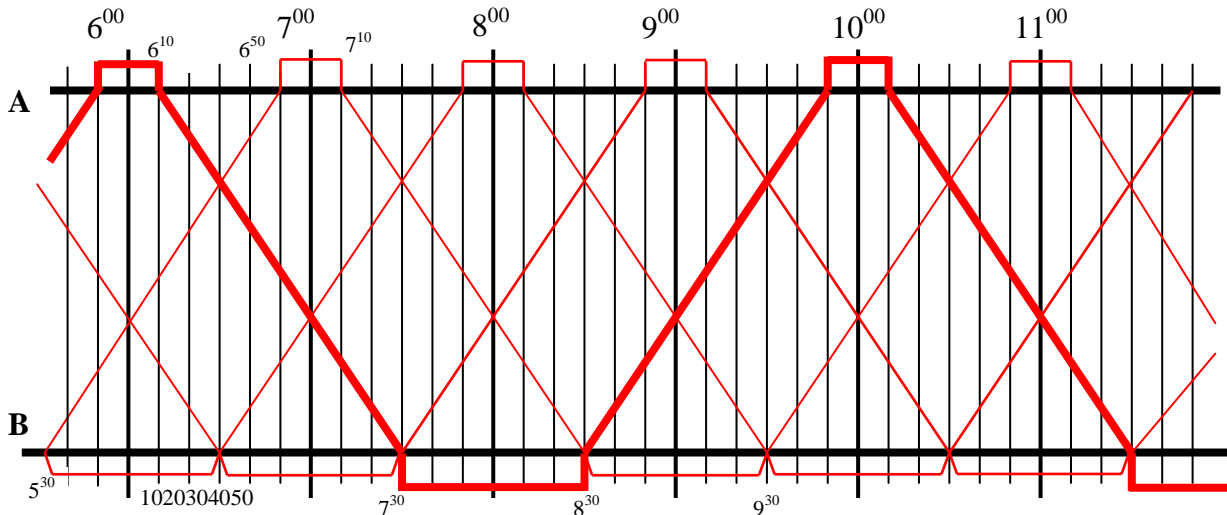
Źródło: opracowanie własne.

Na obu stacjach czas pomiędzy przyjazdem a wyjazdem pociągu wynosi 10 minut³. Korzystając ze wzoru (5) otrzymujemy potrzebną liczbę składów $n = 3$.

Przypadek 2.

Niech $S^A_2 = 10$, czyli pociągi wyjeżdżają ze stacji A po upływie 10 minut po pełnych godzinach. Uwzględniając czas jazdy $t_j = 80$ minut otrzymujemy $S^B_1 = 30$, czyli pociągi przyjeżdżają na stację B 30 minut po pełnych godzinach. Zachowując ponownie zasadę symetrii Zero otrzymujemy $S^B_2 = 30$ oraz po dodaniu czasu jazdy $S^A_1 = 50$.

Na stacji A czas pomiędzy przyjazdem a wyjazdem pociągu wynosi 20 minut, natomiast na stacji B pociągi wjeżdżają i wyjeżdżają równocześnie. Potrzebna liczba składów wynosi w tym przypadku $n = 4$.



Rys.3. Wykres symetryczny na linii A – B (przypadek 2)

Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie symetrycznego rozkładu jazdy powoduje, że pomiędzy czasem jazdy t_j oraz czasami przejść na stacjach zwrotnych t_z^A oraz t_z^B występują silne powiązania. Jak się okazuje nie jest zatem obojętne, jak – przy założonej z góry osi symetrii – wytrasowany zostanie pierwszy pociąg. Kolejne składy odjeżdżać będą bowiem w rytmie wyznaczonym regułami tak ustalonego rozkładu jazdy. Może to doprowadzić do potrzeby zastosowania większej niż niezbędna liczby składów przy zachowaniu tej samej jakości obsługi linii obrazowanej częstością połączeń.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza prowadzi do następujących wniosków. Rytmizacja przewozów pasażerskich stanowi naturalny kierunek ich rozwoju, szczególnie w kontekście przewozów masowych na obszarach aglomeracji i w szybkich przewozach pomiędzy nimi.

Z techniczno – organizacyjnego punktu widzenia istnieją dwa poziomy wprowadzania rytmizacji przewozów: tworzenie rozkładu nazwanego cyklicznym lub zastosowanie w pełni symetrycznego rozkładu jazdy. W tym drugim przypadku konieczne jest podporządkowanie się odpowiednim rygorom konstrukcji wykresu ruchu pociągów, polegającym na ustaleniu i konsekwentnemu stosowaniu osi symetrii. W europejskich zarządach kolejowych, także

³ W rzeczywistości byłby to czas zbyt krótki na tzw. „przejście składu” na stacji zwrotnej. W przykładzie chodzi jedynie o zbadanie odpowiednich zależności.

w układzie międzynarodowym, stosowana jest (najwygodniejsza) „oś zero”. Zastosowanie innego rozwiązania oznaczałoby konieczność organizowania postojów kompensacyjnych na stacjach granicznych.

Symetryczny rozkład jazdy sprawdza się najlepiej na sieciach charakteryzujących się jednorodnym ruchem zespołów trakcyjnych, pociągów zespołowych lub składów do ruchu zmiennie – kierunkowego, takich jak linie szybkiego ruchu (KDP) lub sieci połączeń w obszarach aglomeracji. Dzięki swojej przejrzystości znakomicie zwiększa atrakcyjność oferty przewozowej, a poprzez stałe czasy skomunikowania pociągów poprawia jej jakość. Umożliwia jednocześnie maksymalizację wykorzystania zdolności przewozowej (a w konsekwencji – także przewozowej) poszczególnych linii kolejowych oraz na całej sieci połączeń.

Wprowadzenie symetrycznego rozkładu jazdy niesie istotne konsekwencje dla wykorzystania taboru kolejowego. Jest to szczególnie ważne, ponieważ wielkość parku zaangażowanego taboru stanowi o dużej części kosztów funkcjonowania przewoźników kolejowych. Zatem cały plan transportowy dla określonej sieci kolejowej oparty na takim rozkładzie powinien być przygotowywany z uwzględnieniem tego elementu. Podstawowe rozwiązania w tym zakresie przedstawiono w artykule. Ich wdrożenie w aktualnej strukturze funkcjonowania transportu kolejowego wymaga bardzo dobrego współdziałania podstawowych podmiotów: przewoźników, zarządców infrastruktury oraz organizatorów transportu zbiorowego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Gourgouillon D.: Le projet „Cadencement”. *Revue Générale des Chemins de Fer*, 4/2009, s. 7-14.
- [2] Kudriavceva W. A. (red.): *Organizacija železnodorožnyh passażirskich perevozok*. Wydawnictwo „Akademia”. Moskwa 2008.
- [3] Żurkowski A.: Modelowanie przewozów międzyaglomeracyjnych. *Problemy Kolejnictwa* z. 148 (2009), s. 5-47.
- [4] Żurkowski A.: Rynkowe efekty modernizacji infrastruktury kolejowej w przewozach pasażerskich. *Infrastruktura transportu* 6/2009.

ANALYSIS OF THE STRICT TRAIN SCHEDULE IMPACT ON THE USE OF ROLLING STOCK IN THE PASSENGER SERVICES

Abstract:

Strict train schedule used in the passenger services causes a better attractiveness of the transport offer and enables to make a maximum use of the transport capacity on lines where the trains of the same kind run. The question regarding the introduction of a fully symmetrical schedule is complicated and requires taking into account of a number of technical – organisational elements. In the paper there have been analysed the relations between a strict train schedule and the use of the rolling stock.

Key words: train schedule, rolling stock, passenger services