# Projektowanie poszerzeń międzytorzy w aspekcie zmian dopuszczalnych wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych

*Mirosław Jan Nowakowski*

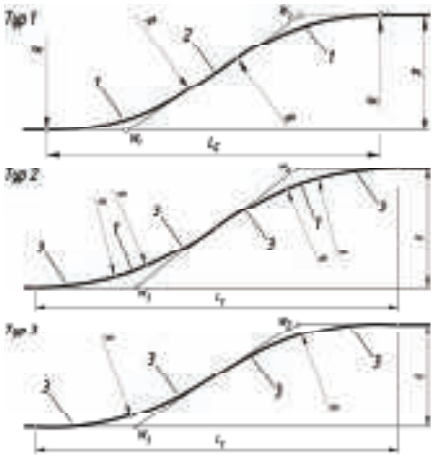
*dr inż. Mirosław Jan Nowakowski*

*Katedra Transportu Szynowego i Mostów, Politechnika Gdańska*

*nowam@pg.gda.pl*

## Analizowany układ i sposób jego rozwiązania

Poszerzeniem międzytorza nazywamy zwiększenie rozstawu torów na szlakach lub stacjach [4]. W literaturze krajowej układ ten analizowany jest najczęściej w kontekście zwiększenia rozstawu torów równoległych prostych w planie. Typowe modele matematyczne, za pomocą których można uzyskać takie poszerzenie o wartości *p* przedstawiono na rysunku **1**.




***1**. Analizowane układy geometryczne poszerzeń międzytorza na prostej. 1 - łuk kołowy o promieniu R [m]; 2 - wstawka prosta o długości w [m]; 3 - krzywa przejściowa o długości L [m]; p - wartość poszerzenia [m]; $L_c$ - całkowita długość poszerzenia [m]*

Dla zwięzłości dalszego opisu na rysunku wprowadzono numerację przedstawionych układów geometrycznych. Zgodnie z tą konwencją, analizowane układy tworzą geometrycznie następujące elementy:

**Typ 1** - dwa łuki kołowe odwrotne o promieniu *R* każdy, bez przechyłki, rozdzielone wstawką prostą o długości *w*;

**Typ 2** - dwa łuki kołowe odwrotne o promieniu *R* każdy z przechyłką o wartości *h* i z czterema krzywymi przejściowymi o długości *L* każda;

**Typ 3** - cztery krzywe przejściowe o długości *L* każda, bez przechyłki, tworzące dwie odwrotnie skierowane bikrzywe (najczęściej bi-parabole).

W pracach [2, 3, 5] przedstawiono rozwiązanie tych układów uwzględniające ograniczenia wynikające z dopuszczalnych wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych.

Pod pojęciem optymalnego poszerzenia międzytorza rozumiemy rozwiązanie, dla którego funkcja celu wyrażona wzorem

$$Z = \frac{L_c}{p} \qquad (1)$$

w którym:

$L_c$ - całkowita długości poszerzenia [m],

$p$ - wielkość poszerzenia [m],

osiąga wartość minimalną przy spełnieniu określonych ograniczeń kinematycznych i geometrycznych.

Algorytm uzyskania optymalnego poszerzenia międzytorza uwzględniający modele poszerzeń przedstawione na rysunku **1** oraz funkcję celu (1) przedstawiono w pracy [4]. Przypominano go w pracy [7], proponując równocześnie uproszczony sposób rozwiązania układu typu 2, umożliwiający uzyskanie rozwiązania quasi-optymalnego najdalej w trzeciej iteracji.

Przystępując do obliczeń optymalnego poszerzenia miedzytorza projektant dysponuje następującymi parametrami:

- żądaną wartością poszerzenia *p* [m];
- maksymalną prędkością pociągów $V_{max}$ [km/h];
- minimalną prędkością pociągów towarowych $V_t$ [km/h];
- dopuszczalną wartością przyspieszenia odśrodkowego $a_{dop}$ [m/s²];
- dopuszczalną wartością przyspieszenia dośrodkowego $a_t$ [m/s²];
- dopuszczalną prędkością przyrostu przyspieszenia $\psi_{dop}$ [m/s³];
- dopuszczalną prędkością podnoszenia się koła na rampie przechyłkowej $f_{dop}$ [mm/s];
- minimalną długością części kołowej łuku kmin [m];
- minimalną długością wstawki prostej między łukami $w_{min}$ [m];
- minimalną przechyłką na łuku, dopuszczalną ze względów utrzymaniowych $h_{min}^{utrz}$ [mm];
- maksymalną dopuszczalną długością poszerzenia $L_c^{max}$ [m] (nie zawsze).

Spośród wyżej wymienionych trzy pierwsze parametry stanowią dane, natomiast pozostałe - ograniczenia, które należy uwzględnić projektując poszerzenie.

W praktyce opracowanie projektu optymalnego poszerzenia międzytorza oznacza najczęściej obliczenie całkowitej długości poszerzeń wszystkich trzech typów (wg rysunku **1**), a następnie szczegółowe rozwiązanie modelu, dla którego długość $L_c$ jest najmniejsza. Przy danej wartości $L_c^{max}$ należy dodatkowo sprawdzić, czy zachowany jest warunek $L_c \leq L_c^{max}$

Czynnikiem pomijanym we wszystkich opracowaniach krajowych i zagranicznych, dotyczących poszerzeń międzytorza na prostej, jest jego wartość *p*, która jest traktowana wyłącznie matematycznie, jako wartość dana. W praktyce parametr ten może przyjmować różne wartości. Z tego względu możemy wyróżnić:

- poszerzenia o małej wartości (< 1 m), projektowane tam, gdzie na międzytorzu występuje konieczność umieszczenia jakiejkolwiek zabudowy (słupów oświetleniowych lub trakcyjnych, ogrodzeń ochronnych itp.) lub potrzeba zachowania minimalnej długości wstawki prostej między rozjazdami w połączeniach torów (rysunek **2**);
- poszerzenia o dużej wartości (kilku–kilkunastu metrowe) wykonywane najczęściej z uwagi na konieczność umieszczenia na międzytorzu peronów wyspowych.

***2**. Poszerzenie o małej wartości na trójmiejskiej linii SKM w torze 501 między przystankami Gdańsk-Wrzeszcz i Gdańsk-Zaspa. Źródło: fotografia własna*

## Zmiany w obowiązujących przepisach

Przed czerwcem 2014 r. przy projektowaniu poszerzeń międzytorzy obowiązywały wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych zawarte w rozporządzeniu [8] oraz warunkach [11]. W przepisach tych, z uwagi na trudności w wykonaniu i utrzymaniu poszerzeń, wprowadzono dla tych układów odrębne wartości niektórych parametrów kinematycznych i geometrycznych.

***Tab. 1.*** *Wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych obowiązujące przy projektowaniu poszerzeń międzytorzy do czerwca 2014 r. Źródło: [8, 11]*

| Parametr | Wartość dla warunków terenowych | |
|---|---|---|
| | dogodnych | trudnych |
| Przechyłka minimalna $h_{min}^{utrz}$ [mm] | 35 | |
| Minimalna wstawka prosta $w_{min}$ [m] | $V_{max}$/1,8 | $V_{max}$/2,5 |
| Minimalna długość łuku $k_{min}$ [m] | max($V_{max}$/2,5 ; 30) | |
| Dop. przyspieszenie odśrodkowe $a_{dop}$ [m/s$^2$] | 0,30 | 0,45 |
| Dop. przyspieszenie dośrodkowe $a_t$ [m/s$^2$] | 0,20 – 0,60 | |
| Dop. przyrost przyspieszenia $\psi_{dop}$ [m/s$^2$] | 0,30 | 0,50 |
| Dop. prędk. podnoszenia koła $f_{dop}$ [mm/s] | 28 | 35 |

***Tab. 2.*** *Wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych obowiązujące obecnie przy projektowaniu poszerzeń międzytorzy. Źródło: [6, 9]*

| Parametr | Wartość dla warunków terenowych | |
|---|---|---|
| | dogodnych | trudnych |
| Przechyłka minimalna $h_{min}^{utrz}$ [mm] | 20 | |
| Minimalna wstawka prosta $w_{min}$ [m] | max($V_{max}$/2,5 ; 20) | max($V_{max}$/3 ; 30) |
| Minimalna długość łuku $k_{min}$ [m] | max($V_{max}$/2,5 ; 30) | |
| Dop. przyspieszenie odśrodkowe $a_{dop}$ [m/s$^2$] | 0,65 | 0,85 |
| Dop. przyspieszenie dośrodkowe $a_t$ [m/s$^2$] | 0,20 – 0,58 | 0,32 – 0,72 |
| Dop. przyrost przyspieszenia $\psi_{dop}$ [m/s$^2$] | 0,30 | 0,50 |
| Dop. prędk. podnoszenia koła $f_{dop}$ [mm/s] | 28 | 50 |

Przedstawiono je w tabeli **1**.

Rok 2014 przyniósł istotne dla projektantów modyfikacje tych wartości. Zapoczątkowała je zmiana rozporządzenia [8] w postaci nowelizacji [9]. Wprowadziła ona nowe dopuszczalne wartości parametrów kinematycznych. Przede wszystkim poszerzenia międzytorza zrównano z pozostałymi układami geometrycznymi, likwidując odrębne dla nich, niższe od ogólnie stosowanych, wartości dopuszczalnego przyspieszenia $a_{dop}$ i dopuszczalnego przyrostu przyspieszenia $\psi_{dop}$. Ponadto nowe wartości parametrów kinematycznych są wyższe od dotychczas ogólnie obowiązujących, z jednym ważnym wyjątkiem - dopuszczalny przyrost przyspieszenia $\psi_{dop}$ wynosi teraz 0,3 m/s$^3$ w dogodnych warunkach terenowych i 0,5 m/s$^3$ w warunkach trudnych. Ma to istotne znaczenie przy modernizacji linii kolejowych, gdyż zawęża znacznie przedział między minimalną długością krzywej przejściowej ze względu na przyrost przyspieszenia $L_{min}^{\psi}$, a minimalną długością rampy przechyłkowej $L_{min}^{f}$. Dotychczas powszechną praktyką przy modernizacji linii było wprowadzanie $f_{dop}$=35 mm/s, co w wielu wypadkach pozwalało ograniczyć zakres koniecznych wydłużeń krzywych przejściowych. Obecnie takie postępowanie często prowadzi do sytuacji, gdy $L_{min}^{\psi} < L_{min}^{f}$., czyli o długości krzywej przejściowej decyduje dopuszczalny przyrost przyspieszenia.

W roku 2015 opublikowano warunki [6], zawierające zmiany wprowadzone zarządzeniem Nr 8/2015 Zarządu PKP PLK S.A. z dnia 24 marca 2015 r. Wprowadzają one zalecenie ustalania parametrów układu geometrycznego toru w procesie optymalizacji wielowariantowej. Optymalizacja ta powinna być prowadzona iteracyjnie, z zastosowaniem różnych wartości wybranych parametrów kinematycznych i geometrycznych. Dotychczasowy podział tych parametrów na stosowane w dogodnych oraz trudnych warunkach terenowych zastąpiono podziałem na:

- zawężone wartości dopuszczalne (P1), które należy stosować na pierwszym etapie ustalania parametrów układu geometrycznego toru;
- normalne wartości dopuszczalne (P2), które należy stosować po wykazaniu, że stosowanie parametrów (P1) jest nieuzasadnione ekonomicznie lub niemożliwe z uwagi na ograniczenia terenowe;
- rozszerzone wartości dopuszczalne (P3), które mogą być stosowane jedynie w wyjątkowych sytuacjach i po spełnieniu szeregu warunków szczegółowo wymienionych w [6].

Warunki [6] zawierają przedstawione wyżej klasy wartości dopuszczalnych dla utrzymaniowej przechyłki maksymalnej i minimalnej, dopuszczalnego przyśpieszenia odśrodkowego (dla najszybszego pociągu) i dopuszczalnego przyśpieszenia dośrodkowego (dla najwolniejszego pociągu). Ponadto nie definiują wprost dopuszczalnych wartości prędkości podnoszenia się koła po szynie $f_{dop}$ [mm/s], wprowadzając zamiast tego - co jest często spotykane w przepisach i literaturze zagranicznej - dopuszczalne pochylenie ramp przechyłkowych $i_{dop}$ [mm/m]. Parametry te można stosować zamiennie, gdyż prędkość $f$ podnoszenia się koła na rampie przechyłkowej można także wyrazić w funkcji pochylenia rampy i [5]. Na podstawie zależności

$$f = \frac{dh}{dt} = \frac{dh}{dL} \cdot \frac{dL}{dt}$$

oraz po uwzględnieniu, że na rampach prostoliniowych

$$\frac{dh}{dL} = i\,, \quad \frac{dL}{dt} = v$$

można napisać, że

$$f = i \cdot v \qquad (2)$$

skąd po wyrażeniu prędkości $V$ w [km/h] otrzymujemy wzór

$$i = \frac{3{,}6}{V}$$

W znowelizowanych warunkach [6] - podobnie jak w rozporządzeniu [9] - poszerzenia międzytorza są w kontekście parametrów kinematycznych traktowane na równi z innymi układami geometrycznymi toru.

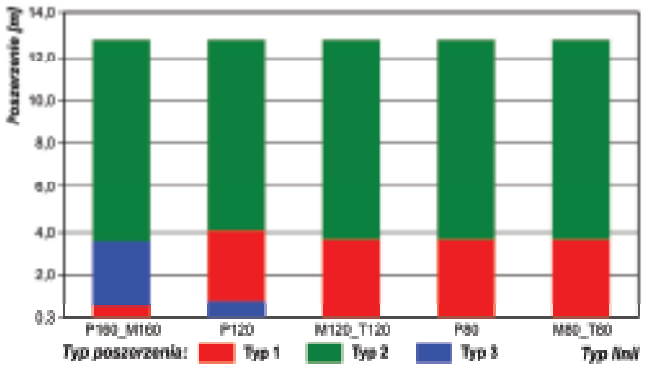
Trzy zakresy wartości dopuszczalnych wprowadzone w [6] stanowią istotne novum w stosunku do stosowanych dotychczas, i nadal obowiązujących w [9], dwóch zakresów - przeznaczonych do stosowania w warunkach dogodnych i trudnych. Dla ujednolicenia analizy porównawczej poszerzeń międzytorzy obliczanych na podstawie parametrów starych (wymienionych w [8] i [11]) i parametrów nowych (wprowadzonych przez [9] i [6]) przyjęto, że parametry przedstawione w [6] jako zawężone będą traktowane jak przeznaczone do stosowania w warunkach dogodnych, a parametry normalne - jako przeznaczone do stosowania w warunkach trudnych. Spośród parametrów $i_{dop}$ oraz $f_{dop}$ do analizy wybrano drugi z wymienionych. Uwzględniono tu powszechność jego występowania w literaturze krajowej i praktyce inżynierskiej oraz fakt, że posługiwanie się podanymi w [6] wartościami $i_{dop}$ prowadzi do uzyskania długości krzywych przejściowych nie większych niż wynikających z korzystania z $f_{dop}$ zdefiniowanych w [9].

Obowiązujące według nowych przepisów wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych, wykorzystane w analizie porównawczej całkowitych długości poszerzeń, przestawiono w tabeli **2**.

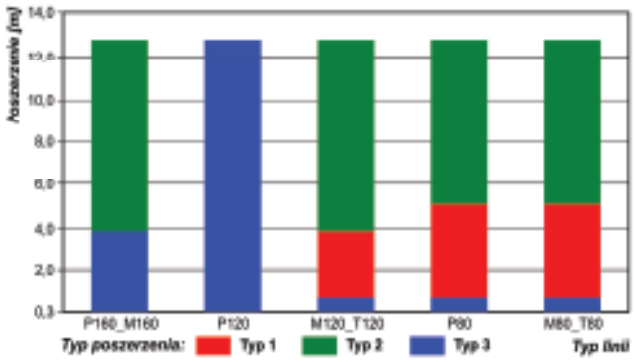
## Wpływ zmiany wartości parametrów dopuszczalnych na długości poszerzeń międzytorzy

Dla wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych przedstawionych

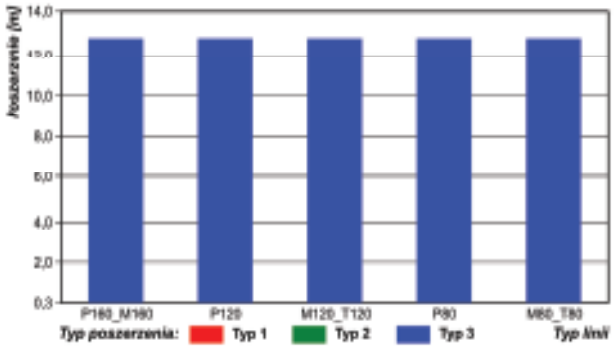
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



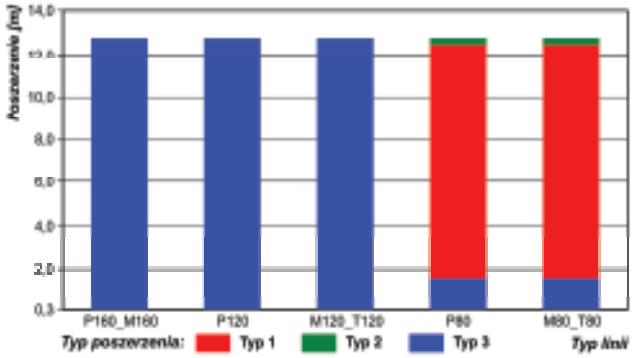

*3. Poszerzenia o najmniejszej długości dla dogodnych warunków terenowych według starych przepisów. Źródło: opracowanie własne*




*4. Poszerzenia o najmniejszej długości dla trudnych warunków terenowych według starych przepisów. Źródło: opracowanie własne*




*5. Poszerzenia o najmniejszej długości dla dogodnych warunków terenowych według nowych. Źródło: opracowanie własne*




*6. Poszerzenia o najmniejszej długości dla trudnych warunków terenowych według nowych przepisów. Źródło: opracowanie własne*

w tabelach **1** i **2** przeprowadzono analizę porówczą, mającą na celu sprawdzenie zakresu stosowania wymienionych na wstępie trzech typów poszerzeń z uwzględnieniem minimalnej wartości funkcji celu zdefiniowanej wzorem (1). Wykorzystano algorytm przedstawiony w [7], co w praktyce oznacza znalezienie dla każdego zestawu danych typu poszerzenia charakteryzującego się najmniejszą długością całkowitą $L_c$. Przeanalizowano rozwiązania dla zakresu poszerzeń $p \in$ <0,30; 13,00>m ze stopniowaniem obliczeń co 0,10 m. Obliczenia wykonano dla typów linii i prędkości pociągów przedstawionych w tabeli **3**, uwzględniając przeznaczenie linii typu P120 oraz P80 wyłącznie dla ruchu towarowego. Następnie obliczenia powtórzono, nie różnicując dla warunków trudnych i łatwych nowych wartości przyspieszeń $a_{dop}$ i $a_t$ (czyli pomijając zalecenia zawarte w [6]).

W analizie pominięto linie typów P250, P200 i M200, gdyż dla prędkości V>160 km/h przepisy nie dopuszczają budowy peronów przy torach głównych zasadniczych. Ponadto dla tych typów linii poszukiwanie poszerzenia optymalnego jest niecelowe, gdyż rozwiązanie typu 1 daje wartości poprawne matematycznie, ale bez jakiegokolwiek praktycznego znaczenia (np. dla linii P200 $R_{min}$=28600 m), a dla układu typu 2 nie istnieją rozwiązania poprawne geometrycznie. Pominięto także linię typu T40, na której jedynym sensownym modelem poszerzenia jest układ typu 1 (dwa łuki odwrotne ze wstawką prostą).

***Tab. 3.*** *Prędkości maksymalne pociągów pasażerskich $V_{max}$ i minimalne pociągów towarowych $V_t$ przyjęte dla analizowanych typów linii. Źródło: opracowanie własne na podstawie [10]*

| Typ linii | $V_{max}$ [km/h] | $V_t$ [km/h] |
|---|---|---|
| P160 / M160 | 160 | 80 |
| P120 | 120 | - |
| M120 / T120 | 120 | 80 |
| P80 | 80 | - |
| M80 / T80 | 80 | 60 |

Analiza linii typów P120 i P80, przeznaczonych wyłącznie dla ruchu pasażerskiego, wymagała modyfikacji algorytmu obliczania promienia minimalnego $R_{min}$ dla poszerzenia typu 2. Na liniach tych, zgodnie z [10], prędkość powinna być przyjmowana jako jednakowa dla wszystkich pociągów, co eliminuje konieczność analizy przyspieszenia dośrodkowego $a_t$. Dlatego dla poszerzenia typu 2 wyznaczanie promienia minimalnego $R_{min}$ oraz odpowiadającej mu przechyłki $h$, należy w pierwszej iteracji rozpocząć od wzorów:

$$R_{min} = \begin{cases} \dfrac{V_{max}^2}{12{,}96 \cdot \left(a_{dop} + 0{,}00654 \cdot 150\right)} & dla\ linii\ P120\ i\ P80, \\ \dfrac{V_{max}^2 - V_t^2}{12{,}96 \cdot \left(a_{dop} + a_t\right)} & dla\ pozostałych\ linii, \end{cases}$$

$$h = \begin{cases} 150 & dla\ linii\ P120\ i\ P80, \\ \dfrac{V_{max}^2 \cdot a_t + V_t^2 \cdot a_{dop}}{0{,}00654 \cdot \left(V_{max}^2 - V_t^2\right)} & dla\ pozostałych\ linii. \end{cases}$$

Wyniki analizy przedstawiono na rysunkach **3** – **6**. Jak widać, nowe wartości parametrów kinematycznych i geometrycznych praktycznie zakwestionowały przydatność poszerzenia międzytorza typu 2 , tj. wykonanego za pomocą dwóch łuków odwrotnych z krzywymi przejściowymi i z przechyłką, które wcześniej w wielu wypadkach charakteryzowało się najmniejszą długością całkowitą $L_c$. Jednocześnie dla dogodnych warunków terenowych rywalizację jednoznacznie wygrywa najkorzystniejsze ze względów dynamicznych poszerzenie wykonane za pomocą dwóch parabolicznych łuków odwrotnych (czterech krzywych przejściowych) bez przechyłki. Identyczne wyniki uzyskano stosując dla dogodnych jak trudnych warunków terenowych jednolite wartości przyspieszeń $a_{dop}$ i $a_t$, zawarte w [9].

Na wynik optymalizacji nie ma także wpływu różnicowanie wartości at (zależnego od obciążenia linii) dla poszerzenia typu 2. Parametr ten ma wpływ jedynie na początkową wartość $R_{min}$, uzyskiwaną w 1-szej iteracji, dla której w całym przebadanym zakresie danych długość części kołowej łuku $k$ < 0 , tzn. uzyskuje się układ geometrycznie sprzeczny. Zwiększanie promienia w kolejnych krokach iteracji nie zależy od tego parametru. Wart odnotowania jest także fakt, że wprowadzona

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

zmiana parametrów kinematycznych spowodowała, że dla poszerzenia tego typu znacznie zawęził się obszar istniejących rozwiązań. Zwiększenie wartości $a_{dop}$ przy jednoczesnym zmniejszeniu $\psi_{dop}$ zmniejszyło możliwość zwiększenia promienia $R$ w drugim kroku iteracji, co w efekcie powoduje uzyskiwanie także na tym etapie rozwiązań geometrycznie sprzecznych. Przy obliczeniach prowadzonych według starych przepisów, w badanym zakresie danych taka sytuacja nie wystąpiła nigdy.

Wpływ nowych wartości parametrów na całkowitą długość wybranego typu poszerzenia nie jest jednoznaczny. Dla małych wartości poszerzeń można zaobserwować zmniejszenie długości poszerzenia średnio o ok. 26%, natomiast dla poszerzeń większych - zwiększenie ich długości (o ok. 12% dla $p$ = 13,00 m).

## Praktyka projektowa

W praktyce projektowej powszechne jest stosowanie poszerzenia typu 1 lub nawet jego modyfikacji, pozbawionej wstawki prostej. Wynika to przede wszystkim z faktu, że w większości programów wspomagających projektowanie linii kolejowych istnieją gotowe moduły do projektowania łuków odwrotnych, natomiast zastosowanie innych modeli poszerzeń wymaga od projektanta większego nakładu twórczej pracy [7].

Pomijając opisywany wielokrotnie aspekt niekorzystnych oddziaływań dynamicznych między taborem a torem na łukach odwrotnych bez krzywych przejściowych, przeprowadzono analizę wydłużenie poszerzenia wynikającego z zastosowania obligatoryjnie przyjętego modelu poszerzenia typu 1, bez uwzględnienia minimalizacji funkcji celu (1). Stwierdzono, że procentowe wydłużenie układu wynosi w dogodnych warunkach terenowych średnio:

- 56% na liniach typu P160 i M160;
- 35% na liniach typu P120, M120 i T120;
- 11% na liniach typu P80, M80 i T80.

Szczegółowe zestawienie różnic $\Delta L_c$ między poszerzeniami typu 1 i 3 dla poszczególnych typów linii w zakresie wartości $p \in$ <1,00; 13,00> m przedstawiono na rysunku **7**. Na wykresie nie uwzględniono różnic dla poszerzeń w zakresie wartości $p \in$ <0,30; 0,90> m, gdyż dla poszerzenia typu 1 występuje wtedy konieczność dodatkowego zwiększenia promienia łuku $R$ (dla $R$=$R_{min}$ nie jest zachowana minimalna długość części kołowej łuku), co prowadzi do dalszego wydłużenia układu.

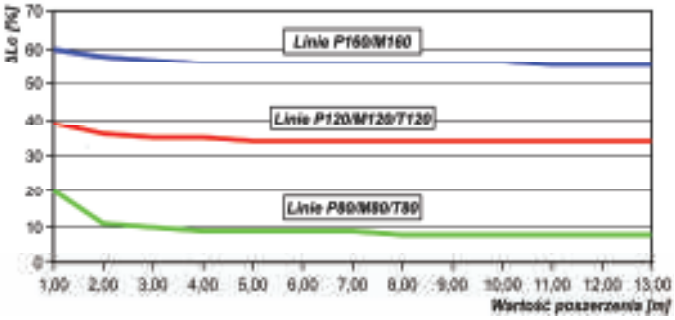
Bardziej wymowne jest przedstawienie przeanalizowanych różnic w liczbach bezwzględnych. Przykładowo zastosowanie modelu poszerzenia typu 1 zamiast typu 3 na linii P120 w dogodnych warunkach terenowych spowoduje:

- dla poszerzenia o wartości $p$ = 1,00 m - wykonanie układu o długości 164,630 m zamiast 118,319 m, a więc niepotrzebne wydłużenie całego układu o 46,311 m;
- dla poszerzenia o wartości $p$ = 13,00 m - wykonanie układu o długości 569,680 m zamiast 426,483 m, tj. zawyżenie długości układu o 143,197 m.

Takie niepotrzebne stosowanie układów dłuższych zamiast układów o długości optymalnej (lecz wymagających większego nakładu pracy projektanta) może w określonych sytuacjach prowadzić do dodatkowego zwiększenia kosztów budowy lub modernizacji linii, wynikających z prowadzenia prac na większej długości toru lub zwiększenia zajętości terenu pod układ torowy.

## Wnioski

1. Zastosowanie w algorytmie wyboru optymalnego modelu poszerzenia międzytorza przedstawionego w [7] nowych wartości dopuszczalnych parametrów geometrycznych i kinematycznych, wprowadzonych w latach 2014–2015 przepisami [6, 9] w praktyce eliminuje stosowanie modelu poszerzenia wykonanego za pomocą dwóch łuków odwrotnych z krzywymi przejściowymi i przechyłką. Jest to korzystne, gdyż model ten jest najbardziej złożony obliczeniowo oraz najtrudniejszy w wykonaniu i utrzymaniu (zwłaszcza w części środkowej, wymagającej odmiennego kształtowania ramp przechyłkowych).
2. Dogodne warunki terenowe jednoznacznie preferują poszerzenie wykonane za pomocą dwóch odwrotnych łuków parabolicznych bez przechyłki (w literaturze często określanego jako „cztery krzywe przejściowe bez przechyłki"). Jest to model najkorzystniejszy z uwagi na oddziaływania dynamiczne występujące w pudle wagonu podczas przejazdu przez układ. Z uwagi na brak przechyłki oznacza się dodatkowo łatwością utrzymania, co także przed rokiem 2014 predestynowało go do stosowania na liniach o dużym obciążeniu ruchem pociągów towarowych [1, 5].
3. Znaczne różnice między długością poszerzeń typu 3 a nagminnie nadużywanym w praktyce projektowej poszerzeniem typu 1, a także znacznie lepsza współpraca taboru z torem przy przejeździe przez układ typu 3, powinny zobligować inwestorów do umieszczania w specyfikacjach przetargowych wymogu projektowania optymalnego poszerzenia międzytorza. Przedstawione wyniki badań pozwalają na przeprowadzenie analizy dla dwóch typów poszerzeń (1 i 3), z pominięciem typu 2. Dla projektów, w których stosowane są wartości parametrów dla dogodnych warunków terenowych, należy obligować wykonawców do projektowania poszerzeń typu 3. ◀




***7**. Różnica całkowitych długości poszerzeń wykonanych według typu 1 i 3 dla dogodnych warunków terenowych i wartości parametrów przedstawionych w tabeli 2. Źródło: opracowanie własne*

## Materiały źródłowe


[1] Bałuch H.: Wyznaczanie przechyłki z uwzględnieniem prędkości pociagów towarowych. Przegląd Kolejowy Drogowy, nr 3, 1976.

[2] Bałuch H.: Optymalizacja poszerzeń międzytorzy. Drogi Kolejowe, nr 5–6, 1980.

[3] Bałuch H.: Poszerzenia międzytorzy wykonywane za pomocą krzywych przejściowych. Drogi Kolejowe, nr 7–8, 1980.

[4] Bałuch H.: Wybór optymalnego poszerzenia międzytorza. Praca COBiRTK, nr 3102/12, Warszawa, 1982.

[5] Bałuch H.: Optymalizacja układów geometrycznych toru. WKiŁ, Warszawa, 1983.

[6] Id-1 (D-1) warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych. tekst ujednolicony. PKP PLK S.A., Warszawa, 2015.

[7] Nowakowski M. J.: Modelowanie poszerzeń międzytorzy. Przegląd Komunikacyjny, nr 11-12, 2009.

[8] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dziennik Ustaw 1998 nr 151 poz. 987.

[9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 5 czerwca 2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dziennik Ustaw 2014 poz. 867.

[10] Standardy techniczne. Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości Vmax≤200 km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). Tom X. Skrzyżowania w poziomie szyn oraz drogi równoległe. PKP PLK S.A., Warszawa, 2009.

[11] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1. PKP PLK S.A., Warszawa, 2005


MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl