

Geometryczne układy połączeń torów kolejowych z zastosowaniem rozjazdów zwyczajnych

Geometrical layouts of railroad switches applying single turnouts



Arkadiusz Kampczyk

dr inż.

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa

kampczyk@agh.edu.pl



Ewelina Skoczylas

mgr inż.

absolwentka AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa

ewelinaskoczy@wp.pl

Streszczenie: W artykule zawarto zagadnienia geometrycznych układów połączeń torów kolejowych „w planie” poprzez zastosowanie rozjazdów zwyczajnych, będących elementem składowym badań technicznych rozjazdów. Podczas przebudowy połączeń torów kolejowych wymagane jest zaprojektowanie nowej geometrii, poprzez odpowiedni dobór parametrów kinematycznych i geometrycznych. Opisane w artykule badania nad geometrycznymi układami połączeń torów kolejowych z zastosowaniem rozjazdów zwyczajnych zostały wsparte opracowanym do tego celu programem komputerowym POŁĄCZENIA TORÓW oraz przykładem praktycznym. Artykuł zawiera wyniki konfrontacji polskich regulacji prawnych z Dyrektywą 2008/57/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie oraz rozporządzeniami wykonawczymi TSI. W artykule przedstawiono autorskie spostrzeżenia i wnioski. Praca niniejsza została wykonana w ramach badań statutowych nr AGH 11.11.150.005.

Słowa kluczowe: Połączenia torów; Rozjazd zwyczajny; Geometria rozjazdu; Pomiar w planie; Badania rozjazdów; Wstawka prosta; TSI

Abstract: In the article there were included issues of geometrical layouts of railroad switches “in design” by applying single turnouts which are components of technical research of turnouts. During rebuilding railroad switches it is required to project a new geometry by a correct selection of kinematic and geometrical parameters. Research referred to geometrical layouts of railroad switches applying single turnouts described in the article were supported by computer program POŁĄCZENIA TORÓW developed for this purpose and by the practical example. The article includes results of confrontation Polish regulations with Directive 2008/57/EC of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community and with TSI regulations. The paper presents conclusions and observations copyright. This work was done within the framework of the statutory research No AGH 11.11.150.005.

Keywords: Railroad switches; Railroad switches; Crossover; Single turnout; Single point; Geometry of turnout; Measurement of layout; Examination of turnouts; Straight railway segment; TSI

Temat projektowania układów geometrycznych połączeń torów kolejowych pojawia się przy okazji zagadnienia tzw. kolejowych „wąskich gardeł”. Terminem tym są określane odcinki linii kolejowych, na których układ torowy nie zapewnia odpowiedniej przepustowości, przez co ograniczona jest możliwość obsługi przez posterunek zakładanej liczby pociągów. Przykładem kolejowych „wąskich gardeł” są stacje w Łódzkim Węźle Kolejowym - Łódź Fabryczna i Łódź Widzew. Jedynym rozwiązaniem jest przeprojektowanie układów geometrycznych poprzez dobór odpowiednich parametrów i przebudowa istniejących połączeń torów [7].

Połączenie torów kolejowych jest konstrukcją umożliwiającą przejazd taboru kolejowego z jednego toru na drugi. Zasadniczym elementem, w obrębie którego może być zmieniony kierunek jazdy taboru kolejowego jest rozjazd kolejowy. W instrukcji branżowej Id-4 (D-6) [5] zostały wymienione rodzaje rozjazdów stosowanych na torach sieci PKP PLK S.A. Wyróżnia się:

- rozjazd zwyczajny (Rz),
- rozjazd podwójny: jednostronny (Rpj), dwustronny (Rpd), symetryczny (Rps),
- rozjazd łukowy: jednostronny (Rlj), dwustronny (Rld), symetryczny (Rls),
- rozjazd krzyżowy z iglicami we-

wnątrz lub na zewnątrz czworoboku: pojedynczy (Rkp), podwójny (Rkpd).

Z informacji pozyskanych z jednego z Zakładów Linii Kolejowych PKP PLK S.A. w województwie śląskim wynika, że najczęściej stosowanym rozjazdem jest rozjazd zwyczajny, którego udział procentowy wynosi ponad 80% (tab. 1). Częste zastosowanie rozjazdów zwyczajnych jest uzasadnione ich nieskomplikowaną konstrukcją, a także najmniejszymi kosztami utrzymania i eksploatacji spośród wszystkich stosowanych rozjazdów. Kolejną ich zaletą jest to, że mogą być montowane zarówno w torach głównych, jak i w torach bocznych.

Tab. 1. Statystyka liczby poszczególnych rodzajów rozjazdów w jednym z Zakładów Linii Kolejowych PKP PLK S.A. w województwie śląskim

Rodzaj rozjazdu	Ilość sztuk	Udział procentowy [%]
zwyczajny	1549	83,3
podwójny jednostronny	3	0,2
podwójny dwustronny	12	0,6
podwójny symetryczny	4	0,2
łukowy jednostronny	2	0,1
łukowy symetryczny	6	0,3
krzyżowy pojedynczy	36	1,9
krzyżowy podwójny	248	13,3

Geometria połączenia torów kolejowych

W skład połączenia torów z zastosowaniem rozjazdów zwyczajnych mogą wchodzić trzy elementy składowe (rys. 1):

- zestaw rozjazdów zwyczajnych określonych typów,
- wstawka prosta tzw. międzyrozjazdowa,
- łuk kołowy wyrównujący w torach nierównoległych lub stanowiący przedłużenie krzyżownicy łukowej (fakultatywnie).

Typ rozjazdu określany jest przez wiele parametrów. W procesie projektowania geometrii połączeń torów istotne są:

- rodzaj rozjazdu (Rz, Rpj, Rpd, Rps, Rlj, Rld, Rls, Rkp, Rkpd),
- typ szyn, z których rozjazd został wykonany (60E1 (S60), 49E1 (S49), S42, 8, 6),
- wielkość promienia łuku toru zwrotnego [m] (190, 300, 500, 760, 1200 i inne),
- skos rozjazdu (1:9, 1:12, 1:14, 1:18,5 i inne).

Zgodnie z zapisami rozporządzenia [11], pomiędzy dwoma łukowanymi elementami w połączeniach torów powinna być zastosowana wstawka toru prostego. Jeżeli jej długość wy-

si do 30 m i jest ułożona pomiędzy stykami rozjazdów kolejowych wstawka jest kwalifikowana jako międzyrozjazdowa. Wstawka międzyrozjazdowa nie stanowi toru stacyjnego oznaczonego numerem, ani nie jest torem rozjazdu [5]. W przypadku, gdy długość wstawki prostej przekroczy wartość 30 m, odcinek ten jest traktowany jako nowy tor z nadanym mu numerem. Wówczas zakładana jest odrębna Książka kontroli stanu toru (D972), w której zapisywane są wyniki pomiarów diagnostycznych.

W przypadku połączenia torów nierównoległych geometria układu wymaga zastosowania dodatkowo łuku kołowego wyrównującego. Oddzielony jest on od rozjazdów wstawkami prostymi. Łuk kołowy stosowany jest także jako przedłużenie krzyżownicy łukowej rozjazdu zwyczajnego.

Przykładowymi połączeniami torów kolejowych z zastosowaniem rozjazdów zwyczajnych są połączenia w torach równoległych:

- jednym rozjazdem zwyczajnym,
- dwoma rozjazdami zwyczajnymi o równych skosach,
- dwoma rozjazdami zwyczajnymi o różnych skosach,
- czterema rozjazdami zwyczajnymi (tzw. połączenie trapezowe).

W torach nierównoległych przykła-

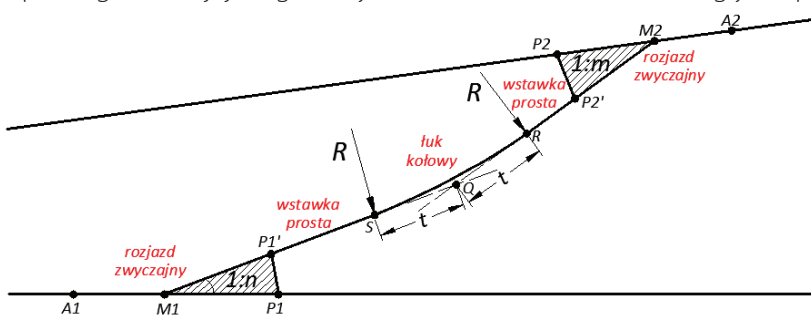
dowymi połączeniami torów z zastosowaniem rozjazdów zwyczajnych są połączenia z:

- dwoma rozjazdami zwyczajnymi o równych skosach,
- dwoma rozjazdami zwyczajnymi o różnych skosach.

Geometryczno-konstrukcyjna charakterystyka rozjazdu zwyczajnego

Rozjazd jako urządzenie techniczne – kolejowe składa się z trzech zespołów spełniających określone zadania. Zespół zwrotnicy umożliwia kierowanie zestawu kołowego taboru kolejowego z toru zasadniczego na tor zwrotny. Konstrukcja zwrotnicy składa się z dwóch nieruchomych szyn (opornica prosta, opornica łukowa) i dwóch ruchomych szyn (iglica prosta, iglica łukowa). Zmiana toru kolejowego w rejonie zwrotnicy odbywa się za pomocą napędu zwrotnicowego, który poprzez elementy zamknięcia nastawczego steruje zmianą położenia iglic. Zespół szyn łączących jest środkowym komponentem rozjazdu zwyczajnego łączącym zespół zwrotnicy z zespołem krzyżownicy. Natomiast zadaniem zespołu krzyżownicy jest umożliwienie swobodnego przejazdu kół taboru kolejowego przez miejsce krzyżowania się szyn. Ze względu na konstrukcję krzyżownicy dzielimy na stałe i ruchome (z ruchomym dziobem lub szynami skrzydłowymi). Konstrukcja krzyżownicy ruchomej eliminuje uderzenia koła o dziób oraz wypłaszczenia dzioba krzyżownicy podczas przejmowania obciążenia z szyn skrzydłowych [9]. Dodatkowo zużywają się one wolniej. Wyjątek stanowią części ruchome, których zużycie na skutek eksploatacji jest 2-3 razy szybsze niż w krzyżownicach monoblokowych [1]. Ze względu na geometrię wyróżnia się krzyżownice proste i łukowe.

Geometria rozjazdu zwyczajnego jest określana przez cztery punkty główne w planie. W miejscu przecięcia się osi toru zasadniczego ze styczną do osi toru zwrotnego wyprowadzoną z końca rozjazdu usytuowany jest tzw. punkt matematyczny M. W styku



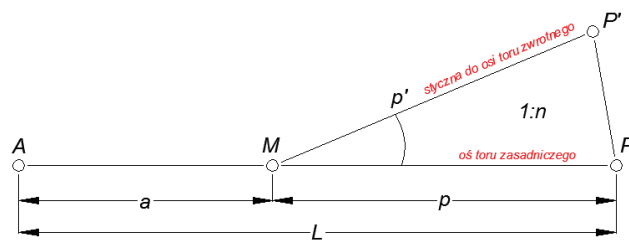
1. Elementy konstrukcji geometrycznej połączenia torów

przedgiglicowym rozjazdu znajduje się punkt początkowy rozjazdu - punkt A. Pozostałe dwa punkty to punkty końcowe rozjazdu P, P', które są przyjmowane w torze zasadniczym i odgałęzonym w stykach szyn za krzyżownicą. Aby wynieść geometrię rozjazdu w teren, zespół geodezyjny tyczy punkty główne w oparciu o współrzędne punktów podane na planie zagospodarowania terenu lub na podstawie danych zawartych w projekcie technicznym budowy lub modernizacji linii kolejowej [6][3]. Rysunek 2 przedstawia schemat geometrii rozjazdu wraz z punktami głównymi.

Oprócz punktów głównych, geometria rozjazdu jest charakteryzowana przez jego długość L, skos rozjazdu 1:n oraz promień łuku rozjazdu R. Długość rozjazdu L jest określana jako odległość wzdłuż toru zasadniczego pomiędzy punktem początkowym rozjazdu A i punktem końcowym rozjazdu P. Tangens kąta zawartego pomiędzy osią toru zasadniczego i styczną do osi toru zwrotnego w punkcie P', którego wierzchołek znajduje się w punkcie matematycznym M jest nazywany skosem rozjazdu. Dodatkowo w krzyżownicach prostych wartość kąta rozjazdu jest równa wartości kąta krzyżownicy. Inaczej jest w przypadku krzyżownic łukowych, gdzie wymiennie kąty nie są sobie równe [8].

TSI a krajowe regulacje prawne w zakresie połączeń torów kolejowych

Dyrektywa 2008/57/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie [2] wymaga spełniania przez składniki podsystemów wymagań zawartych w technicznych specyfikacjach interoperacyjności (TSI). Rozjazdy kolejowe są składnikami podsystemu „Infrastruktura”. W rozporządzeniu z dnia 13 maja 2014 r. w sprawie dopuszczania do eksploatacji określonych rodzajów budowli, urządzeń i pojazdów kolejowych [13] znajduje się zapis o wymaganii uzyskania świadectwa dopuszczenia do eksploatacji typu dla pozycji rozjazdu kolejowe. Według



2. Schemat geometrii rozjazdu zwyczajnego z punktami głównymi rozjazdu

rozporządzenia z dnia 25 lutego 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei [14] weryfikacji zgodności z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi interoperacyjności systemu kolei powinna zostać poddana geometria rozjazdów kolejowych. Oceny dokonuje notyfikowana jednostka certyfikująca.

Skutkiem wprowadzenia TSI była konieczność zmiany polskich regulacji prawnych, aby były zgodne z wymaganiami zawartymi w przepisach europejskich. W rozporządzeniu z dnia 5 czerwca 2014 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie [12] dla układów geometrycznych torów kolejowych przywołano do stosowania normę PN-EN 13803 w zakresie obliczeń projektowych i wartości dopuszczalnych. Część 2 [10] dotyczy układów geometrycznych połączeń torów. Zawiera zapisy dotyczące obliczeń i wartości dopuszczalnych dla metody zmiany niedomiaru przechyłki i nagłej zmiany niedomiaru przechyłki, która przed wejściem TSI nie była wymagana podczas projektowania połączeń torów. Inną metodą umożliwiającą przeprowadzenie obliczeń dla układów geometrycznych połączeń torów jest metoda bazy sztywnej wagonu. W rozporządzeniu z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie [11] przedstawione są wartości dopuszczalne i jest scharakteryzowana wyłącznie metoda bazy sztywnej wagonu. W rozporządzeniu [12] zmieniono wartości dopuszczalne dla parametrów kinematycznych dla tej metody obliczeniowej.

Zmiany wprowadzono także w Warunkach technicznych utrzymania na-

wierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1) [4]. W aktualnej wersji Warunków technicznych, która została wydana w 2015 r., usunięty został rozdział dotyczący układu geometrycznego toru. Zastąpiono go modulem A3, którego zapisy pozwalają na dokonanie wyboru metody obliczeniowej dla parametrów układu geometrycznego toru, spośród dwóch wyżej wymienionych metod. W module A3 określono dopuszczalne wartości przyspieszenia pojawiającego się podczas przejazdu najszybszego pociągu (przyspieszenie odśrodkowe), najwolniejszego pociągu (przyspieszenie dośrodkowe) oraz dopuszczalne wartości niedomiaru przechyłki i nadmiaru przechyłki uwzględnione w planie utrzymania.

Tematyka układów geometrycznych połączeń torów została poruszona także w tomie I Standardów PKP PLK S.A. [15]. Znajdują się w nich wartości dopuszczalne w zależności od prędkości tylko dla metody zmiany niedomiaru przechyłki i nagłej zmiany niedomiaru przechyłki. Natomiast w załączniku ST-T1-A9 [16], który ma wejść w życie z dniem 01.01.2017 r. znajdują się przepisy dotyczące doboru rozjazdów podczas projektowania połączenia torów kolejowych. Dobór typu rozjazdu należy dostosować do prędkości maksymalnej w torach danego typu linii i wymaganej prędkości jazdy na odgałęzieniu, a także do warunków miejscowych. Inna jest klasyfikacja doboru typu rozjazdu dla połączeń między torami głównymi zasadniczymi oraz inna dla połączeń torów głównych zasadniczych z torami głównymi dodatkowymi.

Metoda bazy sztywnej wagonu

W metodzie bazy sztywnej wagonu należy przyjąć model ruchu punktu

materialnego poruszającego po trajektorii ustalonej osią toru [12]. Wyznaczane są następujące parametry kinematyczne:

- nierównoważone przyspieszenie odśrodkowe a [m/s^2],
- nierównoważone przyspieszenie dośrodkowe at [m/s^2],
- przyrost nierównoważonego przyspieszenia ψ [m/s^3],
- prędkość podnoszenia koła na rampie przechyłkowej f [mm].

Dla rozjazdów zwyczajnych obliczana i analizowana jest wartość wyłącznie nierównoważonego przyspieszenia (odśrodkowego dla pociągów pasażerskich lub dośrodkowego dla towarowych) oraz przyrostu nierównoważonego przyspieszenia.

Przyspieszenia boczne pojawiają się podczas jazdy pojazdu kolejowego na odcinkach krzywoliniowych. W przypadku rozjazdu zwyczajnego, jest to łuk toru zwrotnego rozjazdu.

Wektor nierównoważonego przyspieszenia odśrodkowego w torze z przechyłką jest wynikiem różnicy wektora sumy z wektorów przyspieszenia odśrodkowego i przyspieszenia ziemskiego, a wektorem prostopadłym do toru. Wartość nierównoważonego przyspieszenia odśrodkowego można określić za pomocą wzoru (1):

$$a_{nzt} = \frac{V^2}{12,96 \cdot R} - \frac{g_z}{s} \cdot D \quad (1)$$

gdzie:

- a_{nzt} – nierównoważone przyspieszenie [m/s^2],
- V – prędkość przejazdu taboru kolejowego [km/h],
- R – promień łuku toru [m],
- g_z – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],
- s – rozstaw szyn [m],
- D – przechyłka toru [mm].

W rozjazdach wartość nierównoważonego przyspieszenia bocznego zależy od zastosowanej przechyłki w torze zwrotnym rozjazdu. Im większa jest wartość przechyłki tym mniejsza jest wartość nierównoważonego przyspieszenia. Dla rozjazdów zwyczajnych, w których przechyłka jest równa zero postać wzoru (1) sprowa-

dza się tylko do pierwszego członu.

Drugim parametrem kinematycznym obliczanym w połączeniach torów z zastosowaniem rozjazdów kolejowych w metodzie bazy sztywnej wagonu jest przyrost przyspieszenia nierównoważonego ψ obliczonego na podstawie wzoru (2):

$$\psi = \frac{V \cdot (a_1 \pm a_2)}{3,6 \cdot (b + w)} \quad (2)$$

gdzie:

- ψ – przyrost przyspieszenia nierównoważonego [m/s^3],
- V – prędkość pociągu w kierunku zwrotnym [km/h],
- a_1, a_2 – nierównoważone przyspieszenie w łukach rozjazdów [m/s^2],
- w – długość wstawki prostej [m],
- b – baza sztywna wagonu [m] (przyjmowana do obliczeń 20 m).

Wartość przyrostu nierównoważonego przyspieszenia bocznego dla rozjazdów kolejowych nie może przekroczyć wartości dopuszczalnej określonej w rozporządzeniu [12] i wynoszącej 1 m/s^3 .

Metoda zmiany niedomiaru przechyłki i nagłej zmiany niedomiaru przechyłki

Druga metoda polega na obliczeniu parametru niedomiaru przechyłki i nagłej zmiany niedomiaru przechyłki. Definicja tych parametrów znajduje się we wcześniej wspomnianej normie PN-EN 13803-2 [10]. Niedomiar przechyłki występuje, gdy wartość przechyłki jest zbyt mała, aby zrównoważyć przyspieszenie boczne podczas jazdy pociągu. Nadmiar przechyłki występuje w sytuacji, gdy wartość przechyłki mająca zrównoważyć przyspieszenie boczne jest zbyt duże. Formułę na obliczenie parametru niedomiaru lub nadmiaru przechyłki przedstawia wzór (3):

$$l = 11,8 \cdot \frac{V^2}{R} - D \quad (3)$$

gdzie:

- l – niedomiar przechyłki lub nadmiar przechyłki [mm],
- V – prędkość jazdy na kierunku zwrotnym rozjazdu [km/h],
- R – promień łuku rozjazdu [m],
- D – przechyłka (wartość ujemna, gdy szyna zewnętrzna jest niżej niż wewnętrzna) [mm].

Natomiast wartość nagłej zmiany niedomiaru przechyłki zależy od prędkości jazdy i promienia łuku - wzór (4):

$$\Delta l = 11,8 \cdot \frac{V^2}{R} \quad (4)$$

gdzie:

- Δl – nagła zmiana niedomiaru przechyłki [mm],
- V – prędkość jazdy na kierunku zwrotnym rozjazdu [km/h],
- R – promień łuku rozjazdu [m].

W przypadku rozjazdów zwyczajnych, wartości niedomiaru przechyłki i nagłej zmiany niedomiaru przechyłki są sobie równe, ponieważ wartość D w formule (3) na niedomiar przechyłki jest równa zero, co sprowadza ją do postaci takiej samej jak wzór (4) na nagłą zmianę niedomiaru przechyłki.

Program POŁĄCZENIA TORÓW

Prace prowadzone podczas geodezyjnego projektowania połączeń torowych, mają na celu dobór odpowiednich rodzajów i typów rozjazdów do istniejących warunków terenowych oraz do prędkości kursowania pociągów. Optymalizacji podlega geometria układów połączeń torowych. Prace projektowe mogą być wspomaganie eksperckimi systemami komputerowymi. Do celów badawczych nad geometrycznymi układami połączeń torów kolejowych z zastosowaniem rozjazdów, został opracowany i przetestowany przez autorkę program komputerowy POŁĄCZENIA TORÓW. Umożliwia on obliczanie wartości parametrów kinematycznych dla metody bazy sztywnej wagonu oraz metody zmiany niedomiaru przechyłki i nagłej zmiany niedomiaru przechyłki. Dodatkowo obliczane są parametry

geometryczne w zależności od rodzaju analizowanego połączenia torów m. in.: długość wstawki prostej, styczne do łuku wyrównującego i inne wymiary pomocne przy geodezyjnym tyczeniu i kontroli wyniesienia projektu połączenia torowego w teren. Ponadto algorytm programu wykonuje obliczenia współrzędnych punktów głównych rozjazdów, innych punktów charakterystycznych połączenia i wskaźnika W17, tzw. ukresu.

Jeżeli osie układu współrzędnych połączenia torów nie są równoległe do osi układu współrzędnych prostokątnych, należy podać wartość kąta obrotu układu połączenia względem osi układu współrzędnych prostokątnych. W przypadku, gdy współrzędne punktu początkowego układu połączenia nie są równe (0,000; 0,000), wówczas należy podać współrzędne tego punktu, aby zostało obliczone przesunięcie układu połączenia względem przyjętego w programie układu współrzędnych prostokątnych. Algorytm programu oblicza współrzędne przetransformowane o obrót i przesunięcie na podstawie wzorów (5) i (6).

$$X = X_0 + X_p \cdot \cos \beta - Y_p \cdot \sin \beta \quad (5)$$

$$Y = Y_0 + X_p \cdot \sin \beta + Y_p \cdot \cos \beta \quad (6)$$

gdzie:

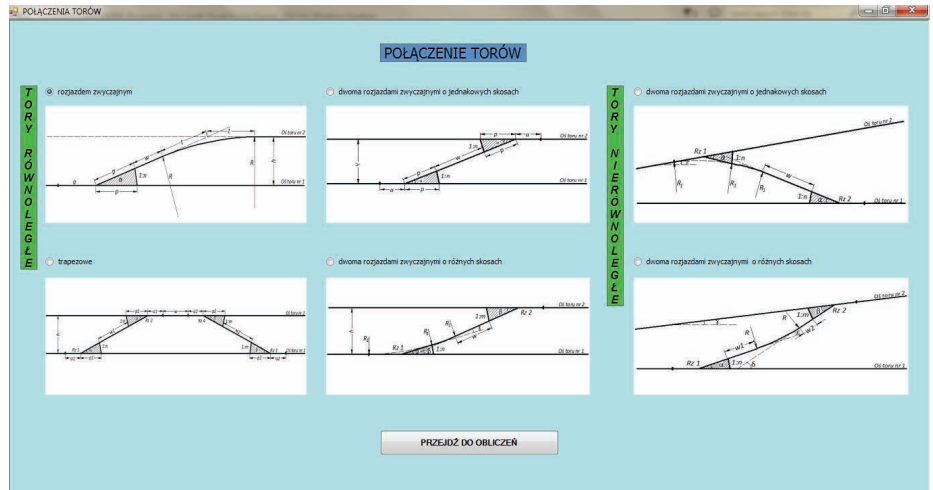
X_0, Y_0 – współrzędne w układzie wtórnym punktu początkowego układu pierwotnego,

X_p, Y_p – współrzędne punktu w układzie pierwotnym,

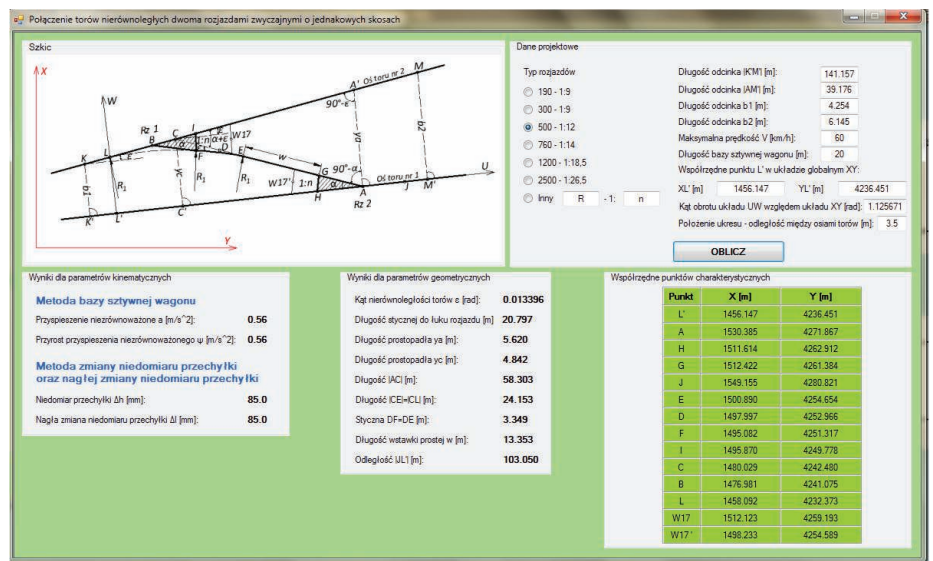
X, Y – współrzędne punktu w układzie wtórnym,

β – kąt obrotu układu wtórnego względem układu pierwotnego.

Praca w programie rozpoczyna się od wyboru rodzaju połączenia torów, spośród sześciu, które zostały wcześniej wspomniane w rozdziale „Geometria połączenia torów kolejowych” (rys. 3). W oknie obliczeniowym w sekcji dane projektowe, użytkownik wprowadza wielkości niezbędne do obliczenia parametrów geometrycznych



3. Okno startowe programu POŁĄCZENIA TORÓW



4. Przykładowe okno obliczeniowe programu POŁĄCZENIA TORÓW

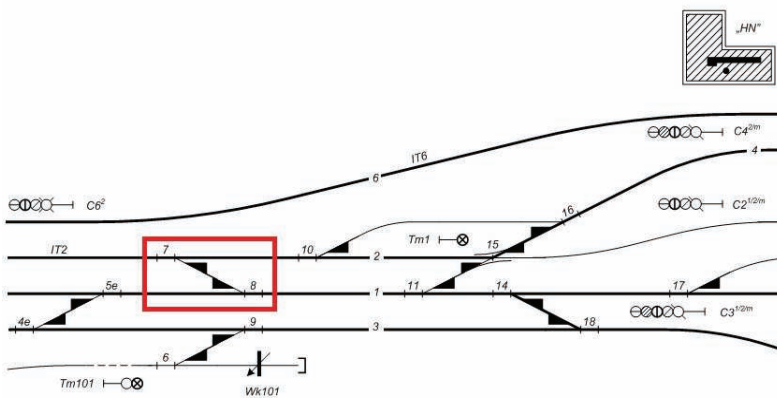
charakteryzujących dane połączenie torów i parametrów kinematycznych. Parametrami jakie należy wprowadzić są m. in. rozstaw torów, maksymalna prędkość na kierunku zwrotny rozjazdu, długość bazy sztywnej wagonu i inne wielkości w zależności od rodzaju połączenia torowego. Należy również dokonać wyboru typów rozjazdów zwyczajnych. W oknie obliczeniowym jest również załączony szkic odpowiedni do analizowanego rodzaju połączenia. W wyniku obliczeń wyświetlane są wartości parametrów kinematycznych, geometrycznych i współrzędne punktów głównych rozjazdów, charakterystycznych połączeń, a także ukresu (rys. 4).

Dodatkowymi funkcjami programu jest ostrzeżenie użytkownika odpowiednim komunikatem o niewprowadzeniu wszystkich wymaganych danych, o niespełnieniu wymogu

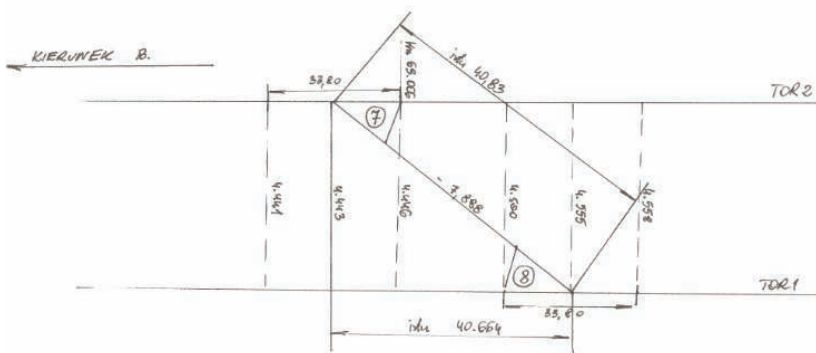
minimalnej długości wstawki prostej wynoszącej według rozporządzenia [12] 6 m oraz w przypadku ujemnej wartości łuku wyrównującego.

Połączenie torów równoległych dwoma rozjazdami zwyczajnymi o różnych skosach

W rejonie nastawczym HN - linia kolejowa 131 dokonano pomiarów sprawdzających geometrycznego połączenia torów kolejowych nr 1 i 2 „w planie”. W analizowanym połączeniu są zabudowane rozjazdy zwyczajne nr 7 i nr 8. Obydwa rozjazdy są typu S60-1:9-300, prawe, zamknięcia suwakowe, rok produkcji i w budowania 1987, podrozjazdnicie drewniane, eksploatowane (rys. 5 i 8). Tego typu połączenie dwóch torów, teoretycznie równoległych, za pomocą dwóch rozjazdów zwyczajnych o jednakowych skosach



5. Położenie rozjazdów zwyczajnych nr 7 i 8 (czerwona ramka) w rejonie nastawczym HN



6. Szkic pomiaru inwentaryzacyjnego rozjazdów zwyczajnych nr 7 i 8 w rejonie nastawczym HN

POŁĄCZENIE TORÓW RÓWNOLEGŁYCH DWOMA ROZJAZDAMI ZWYCZAJNYMI O JEDNAKOWYCH SKOSACH

Punkt	X [m]	Y [m]
S	0.000	0.000
A	0.000	16.616
J	1.835	33.129
I	0.000	33.231
E	2.655	40.512
B	4.490	57.026
F	4.490	73.641
D	4.490	40.410
W17	1.750	48.116
W17'	2.740	25.526

7. Obliczenia połączenia torów równoległych nr 1 i 2 dwoma rozjazdami zwyczajnymi nr 7 i 8 o równych skosach w programie POŁĄCZENIA TORÓW

1:9, stanowi pojedyncze połączenie torów. Pomiar inwentaryzacyjny „w planie” wykazał występujące różnice w wartości szerokości istniejącego międzytorza. Rysunek 6 przedstawia szkic z pomierzonymi wartościami w analizowanym połączeniu torów. Celem przeprowadzenia analizy porównawczej uzyskanych wartości „w planie” z wartościami teoretycznymi, wykonano obliczenia w programie POŁĄCZENIA TORÓW. Otrzymane wartości wynikowe są wartościami projekto-

wanymi dla parametrów geometrycznych badanego połączenia torów, przy przyjęciu średniego międzytorza obliczonego na podstawie wyników pomiarów stanu istniejącego. Do obliczeń została przyjęta wartość średniej szerokości międzytorza wynosząca 4,490 m (stosując zasady zaokrąglania Kryłowa- Bradisa), zakładając, że należy doprowadzić oś toru nr 1 i 2 do równoległości. W praktyce można przyjąć wartość projektowanego międzytorza z projektu regulacji osi toru

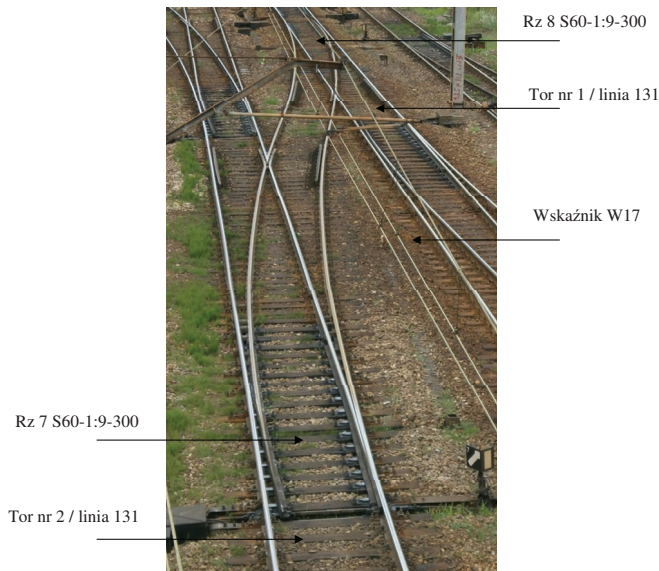
lub protokołu zdawczo – odbiorczego. Wykonanie obliczeń projektowych jest konieczne w przypadku prac związanych z doprowadzeniem osi toru nr 1 i toru nr 2 do równoległości. Tabela 2 zawiera zestawienie wartości wyników przeprowadzonej analizy z porównaniem do stanu istniejącego.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań dotyczących połączeń torów kolejowych wynika, że najczęściej stosowane w Polsce są rozjazdy zwyczajne. Uzasadnione zatem było przeprowadzenie badań nad układami geometrycznymi połączeń torów kolejowych z zastosowaniem rozjazdów zwyczajnych. Z analizy regulacji prawnych wynika, że skutkiem wprowadzenia technicznych specyfikacji interoperacyjności była konieczność wprowadzenia zmian w polskich przepisach prawnych. W zakresie projektowania układów geometrycznych połączeń torów kolejowych, oprócz metody bazy sztywnej wagonu, została wprowadzona metoda zmiany niedomiaru przechyłki i naglej zmiany niedomiaru przechyłki, która jest zdefiniowana szczegółowo w normie PN-EN 13803-2 [10]. Podczas prac projektowych, nie można przekroczyć wartości dopuszczalnych parametrów kinematycznych określonych dla obydwóch metod. Wartości te są zawarte w [11], [12], [4], [15], [10]. W zakresie geometrii układów połączeń torów kolejowych należy zachowywać wymóg minimalnej długości wstawki międzyrozjazdowej równej 6 m. Ponadto rolę zespołów geodezyjnych i diagnostycznych do spraw nawierzchni i podtorza kolejowego, w obsłudze połączeń torów kolejowych jest sporządzenie dokumentacji projektowej połączenia i obsługi montażu rozjazdów w terenie, poprzez wytyczenie punktów głównych rozjazdów i innych punktów charakterystycznych połączeń. Dodatkowo do zadań tychże zespołów należy prowadzenie prac pomiarowych w zakresie badań technicznych rozjazdów, poprzez sprawdzenie geometrycznych układów połączeń torów kolejowych w

Tab. 2. Zestawienie parametrów projektowych ze stanem istniejącym dla analizowanego połączenia torów z zastosowaniem rozjazdów zwyczajnych nr 7 i 8 w rejonie nastawczym HN w ciągu linii 131

Parametr geometryczny	Wartość projektowa [m]	Wartość istniejąca [m]
Długość rozjazdu nr 7	33,232	33,800
Długość rozjazdu nr 8	33,232	33,800
Odległość pomiędzy punktami matematycznymi rozjazdów	40,659	40,830
Odległość pomiędzy punktami matematycznymi rozjazdów zrzutowana na oś toru	40,410	40,664
Długość wstawki prostej	7,428	7,888



8. Połączenie torów równoległych nr 1 i 2 dwoma rozjazdami zwyczajnymi nr 7 i 8 (Rz S60-1:9-300) w rejonie nastawczym HN

planie. Dokumentacja ta jest materiałem zawierającym dane, które powinny być uzyskiwane nie tylko podczas pomiarów eksploatacyjnych, wykonywanych podczas badań technicznych rozjazdów, ale również podczas prac realizacyjnych. Prace te mogą zostać zautomatyzowane poprzez wykonanie obliczeń w programie komputerowym, takim jak przedstawiony program POŁĄCZENIA TORÓW. Z przeprowadzonej analizy porównawczej parametrów projektowych ze stanem istniejącym dla analizowanego połączenia torów z zastosowaniem rozjazdów zwyczajnych nr 7 i 8 w rejonie nastawczym HN w ciągu linii 131 wynika, że występują znaczne różnice pomiędzy tymi wartościami. Tak duże różnice uzasadniają i podnoszą wagę wykonywania obliczeń teoretycznych z wykorzystaniem opisywanego programu komputerowego. Uzasadnione jest także wykonywanie stałych i częstych pomiarów diagnostycznych w terenie, a w niektórych skrajnych przypadkach wykonywanie regulacji osi torów. Za-

prezentowane wyniki badań wpisują się w tematykę współczesnych badań w dyscyplinie geodezji inżynierskiej – przemysłowej i diagnostyce budownictwa komunikacyjnego. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Bogdaniuk B., Towpik K. Budowa, modernizacja i naprawy dróg kolejowych. Wyd. PKP Polskie Linie Kolejowe, 2010.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2008/57/WE z dnia 28 czerwca 2008 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie (przekształcenie) (Dz.U. L 191, 18.7.2008, p.1).
- [3] Gocał J. Geodezja inżynierska – przemysłowa. Część II. Uczelniane Wydawnictwo Naukowe – Dydaktyczne AGH, 2005.
- [4] Id-1 (D-1) Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych, 2015.
- [5] Id-4 (D-6) Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów, 2015.
- [6] Kampczyk A. Geodezja - analitycz-

ne opracowanie projektów połączeń torowych. Przegląd Geodezyjny, Cz. 1.(Geodetic-and-analytical design of track connections. Part 1), 2010, R.82, nr 4, s. 3-8.

- [7] Klemba Sz. Łódzki Węzeł Kolejowy. Problemy i rozwiązania. Seminarium Instytutu Kolejnictwa. 03.06.2014 r., s. 92-105.
- [8] Łączyński J. Rozjazdy kolejowe. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 1976.
- [9] Paś J., Dyduch J. Współpraca rozjazdu z napędem dla kolei dużych prędkości. Czasopismo Logistyka, 6/2014.
- [10] PN-EN 13803-2+A1:2010 Kolejnictwo - Tor - Parametry projektowania toru w planie - Tor o szerokości 1435 mm i większej - Część 2: Rozjazdy, skrzyżowania i inne porównywalne przypadki z nagłymi zmianami krzywizny.
- [11] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. 1998 nr 151 poz. 987).
- [12] 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 (Dz.U. 2014 poz. 867).
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 13 maja 2014 r. w sprawie dopuszczania do eksploatacji określonych rodzajów budowli, urządzeń i pojazdów kolejowych (Dz.U. 2014 poz. 720).
- [14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 25 lutego 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei (Dz.U. 2016 poz. 254).
- [15] Standardy techniczne - szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). Tom I. Droga szynowa, 2009.
- [16] Załącznik ST-T1-A9 ROZJAZDY do standardów technicznych - szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). Tom I. Droga szynowa, 2016.