

Prof. dr hab. inż. Henryk Bałuch,
Dr hab. inż. Maria Bałuch, prof. IK
Instytut Kolejnictwa

TYPOLOGIA BŁĘDÓW W KSZTAŁTOWANIU UKŁADÓW TOROWYCH

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Pojęcie niezawodności układów torowych
3. Stopień wykorzystania i wadliwość układów torowych
4. Najczęściej spotykane nieprawidłowości w kształtowaniu układów torowych
5. Wnioski

STRESZCZENIE

Wykrywane błędy w kształtowaniu układów torowych mają dwojakie podłoże – niewłaściwe projektowanie, nieuwzględniające sytuacji na gruncie, skutkujące ograniczeniami, które mogą wpłynąć na niepełne wykorzystanie prędkości pociągów lub jazd manewrowych, na jakie pozwala nowy element wprowadzany do układu oraz błędy wykonawcze, naruszające ogólnie znane zasady. Opisano typologię obu rodzajów tych błędów oraz propozycje pewnych wielkości, które opisywałyby ich rozmiar. Przedstawione w nim przypadki są tylko pewnym, niewielkim zbiorem błędów, jakie można spotkać na sieci kolejowej w Polsce.

1. WSTĘP

Liczne przykłady z sieci kolejowej w Polsce świadczą o błędach popełnianych w kształtowaniu układów torowych. Pod pojęciem kształtowania układów torowych należy rozumieć nie tylko ich projektowanie, wykonywane najczęściej podczas modernizacji linii kolejowych, lecz również decyzje o wymianach rozjazdów, różniących się promieniami torów zwrotnych. O prawidłowym lub nieprawidłowym kształtowaniu układów torowych można wyrobić sobie pogląd na podstawie studiów przypadków (*case study*). Przedstawione w tym artykule przypadki są przypadkami rzeczywistymi.

Błędy popełniane przy kształtowaniu układów torowych były przedmiotem kilku artykułów i znalazły swe odbicie w książkach, np. [6]. Dotychczas nie opracowano typologii tych błędów oraz nie było wielkości, za pomocą których można je wyrazić liczbowo.

2. POJĘCIE NIEZAWODNOŚCI UKŁADÓW TOROWYCH

W monografii [1] zawarto kilka definicji niezawodności nawierzchni kolejowej. Zdefiniowania wymaga również niezawodność układów torowych. Można więc przyjąć, że niezawodny układ torowy powinien spełniać wymagane funkcje Φ w określonych warunkach eksploatacji ε oraz w ustalonym, odpowiednio długim czasie t . Funkcję niezawodności układu torowego można więc określić jako prawdopodobieństwo

$$R(t) = P\{(t, \Phi, \varepsilon) | 0 \leq t < t_1\}. \quad (1)$$

Układ torowy powinien być układem naprawialnym i charakteryzować się możliwie krótkim czasem naprawy. Ma spełniać swe zadanie w sposób ciągły, a czas t_1 powinien być liczony w dziesięcioleciach. Przy kształtowaniu układów torowych trzeba analizować ich właściwości funkcjonalne, tzn. rolę w prowadzeniu ruchu pociągów i w sterowaniu ruchem, co zwykle ma miejsce oraz właściwości eksploatacyjne (trwałość, stabilność czasowa, naprawialność itp.), na co dość często nie zwraca się należytej uwagi.

Przy obecnej światowej tendencji projektowania na trwałość (*durability design*) [7] składnikiem projektu układu torowego wynikającym z funkcji (1) powinna być wstępna prognoza jego trwałości. Zadanie to jest szczególnie ważne przy projektowaniu układów torowych z rozjazdami łukowymi o różnych promieniach. Czas wymiany każdej półwrotnicy lub krzyżownicy powinien być w tym przypadku odpowiednio wcześniej oszacowany¹. Układanie części rozjazdów zwyczajnych w miejsce części wyłukowanych tworzy szkodliwe deformacje, powoduje zwiększone oddziaływania dynamiczne i w sumie skracza trwałość całego układu.

Błędne ukształtowanie układu torowego oznacza, że od samego początku jego eksploatacji ten układ przestaje być układem niezawodnym w sensie funkcji (1). Następstwem tego staje się przedwczesne zużycie części rozjazdów, pogorszenie spokojności jazdy, a w skrajnych przypadkach nawet wprowadzanie ograniczeń prędkości natychmiast po zakończeniu robót.

3. STOPIEŃ WYKORZYSTANIA I WADLIWOŚĆ UKŁADÓW TOROWYCH

Badanie poprawności układów torowych wymaga zdefiniowania dwóch wielkości liczbowych, które stanowiłyby ich jednoznaczną charakterystykę. Pierwszą z tych wielkości powinien być stopień wykorzystania układu torowego s , którym można by się posługiwać w projektowaniu:

¹ Tym bardziej, że zamówienie tych części może wydłużyć procedura przetargowa.

$$s = \frac{V_{kr}}{V_{max}}, \quad (2)$$

gdzie:

V_{kr} – prędkość na krytycznym elemencie danego układu,

V_{max} – prędkość możliwa do uzyskania na elemencie podstawowym, zwykle największa na danym układzie.

Stopień wykorzystania układu torowego byłby wielkością stałą nie ulegającą zmianie w całym cyklu jego eksploatacji.

Drugą wielkością charakteryzującą układ torowy powinna być jego wadliwość W wyrażana wzorem

$$W = \left(1 - \frac{V_o}{V_{max}} \right), \quad (3)$$

gdzie: V_o – prędkość ograniczona z powodu błędnego rozwiązania układu lub jego degradacji.

Według tej definicji, układem wadliwym może więc być również układ nowy, bezpośrednio po jego oddaniu do eksploatacji.

Przykłady zastosowania obu miar są podane w dalszej części artykułu. Należy dodać, że obie miary odnoszą się tylko do ukształtowania układów w funkcji prędkości i nie odzwierciedlają innych ujemnych następstw błędów, zwłaszcza zaś przyspieszonego zużycia części rozjazdów.

4. NAJCZĘŚCIEJ SPOTYKANE NIEPRAWIDŁOŚCI W KSZTAŁTOWANIU UKŁADÓW TOROWYCH

Dziesiątki udokumentowanych przypadków wadliwych lub nie w pełni wykorzystanych układów torowych umożliwiają opracowanie ich typologii. Typologia jest nauką o typach². Pod pojęciem typologii rozumie się również zabieg grupujący, dzielący i porządkujący przedmioty według ustalonych typów. Posługiwanie się typologią, a nie klasyfikacją, ma tę zaletę że zwalnia z wyczerpującego i rozłącznego opisu przedmiotów, układów, budowli lub systemów. Cecha ta ma istotne znaczenie zwłaszcza w początkowym okresie grupowania określonych zbiorów, w którym dochodzi często do dodawania lub usuwania pewnych kryteriów podziału w miarę gromadzenia materiału empirycznego. Spotykane wady w kształtowaniu układów torowych można sprowadzić do siedmiu typów:

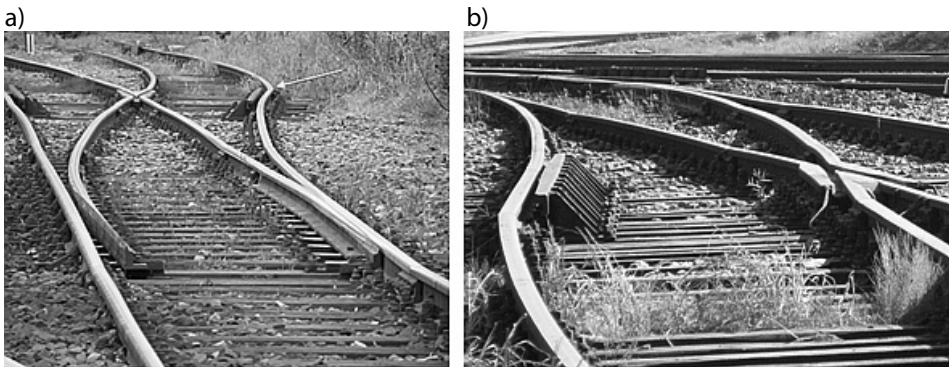
² Typologia – gr. týpos: uderzenie, odbicie, obraz, model, typ.

1. Wymiany rozjazdów o promieniu 190 m i skosie 1:9 na rozjazdy o tym samym skosie, lecz o promieniu 300 m z torem odgałęźnym o znikomym natężeniu ruchu.
2. Wymiany rozjazdów wyszczególnionych w punkcie 1. bez odpowiedniego przesunięcia styku przediglicowego.
3. Stosowanie rozjazdów o większych promieniach toru zwrotnego, zwłaszcza zaś rozjazdów o promieniu 500 m w układach, w których nie przynoszą one poprawy parametrów kinematycznych i trwałości.
4. Stosowanie rozjazdów łukowych w niekorzystnym układzie torów sąsiednich.
5. Wymiana zwrotnic i krzyżownic w rozjazdach łukowych na zwrotnice i krzyżownice rozjazdów zwyczajnych, spowodowana brakiem planowania wymian.
6. Brak wstawek prostych.
7. Błędy w montażu pojedynczych rozjazdów.

Każdy z wymienionych typów wad można zilustrować licznymi przykładami. Ze względu na ograniczoną objętość artykułu, autorzy ograniczyli się tylko do jednej lub dwóch wad każdego typu.

Typ 1. Wymiany rozjazdów o promieniu 190 m i skosie 1:9 na rozjazdy o tym samym skosie lecz o promieniu 300 m z torem odgałęźnym o znikomym natężeniu ruchu

Przedstawiony na rysunku 1 rozjazd S49-300-1:9 z torem odgałęźnym prowadzącym na tor boczny (dowód – widoczna wykolejnica w tym torze) został ułożony w miejsce poprzednio znajdującego się tu rozjazdu S49-190-1:9.



Rys. 1. Rozjazd zwyczajny S49-300-1:9 prowadzący na tor boczny bez wstawki prostej:
a) widok całości, b) załom za krzyżownicą [fot. R. Piątek]

Łuk zaokrąglający tworzy z torem odgałęźnym łuk odwrotny bez wstawki prostej. Dodatkowo, wskutek niewłaściwego ukształtowania tego łuku, w styku krzyżownicy powstał wyraźny załom. Promień łuku zaokrąglającego R wynosi w tym miejscu około 120 m. Niezrównoważone przyspieszenie a oraz przyrost przyspieszenia ψ oblicza się odpowiednio ze wzorów:

$$a = \frac{V^2}{3,6^2 R}, \quad (4)$$

$$\psi = \frac{V^3}{3,6^3} \cdot \frac{1}{b_p + w} + \frac{1}{R_z}. \quad (5)$$

Przy prędkości $V = 40$ km/h otrzymuje się

$$a = \frac{40^2}{3,6^2 \cdot 120} = 1,03 \text{ m/s}^2,$$

zaś przyrost przyśpieszenia przy bazie sztywnej pojazdu $b_p = 20$ m

$$\psi = \frac{40^3}{3,6^3} \cdot \frac{1}{20+0} + \frac{1}{300} = 0,80 \text{ m/s}^3.$$

Obliczone przyśpieszenie jest znacznie większe od dopuszczalnego $0,65 \text{ m/s}^2$. Przyrost przyśpieszenia jest również znaczny, duża nadwyżka dynamiczna wystąpi jednak z powodu widocznego dużego kąta nabiegania w miejscu załomu.

Przypadek ten jest typowym przykładem nieuzasadnionej wymiany rozjazdów o promieniu toru zwrotnego 190 m na rozjazd o promieniu 300 m w warunkach, które tego nie wymagają i w których nastąpi pogorszenie eksploatacji układu nowego w stosunku do istniejącego. Ze względu na nadmierne przyśpieszenie, na układzie tym należy ograniczyć prędkość do 30 km/h. Rozjazd o promieniu 300 m pozwala na uzyskanie prędkości 50 km/h, której jednak nie wykorzystuje się ze względu na brak takiej sygnalizacji (prędkość ogranicza się do 40 km/h). Wadliwość tego układu wynosi więc

$$W = \left(1 - \frac{30}{40} \right) = 0,25.$$

Typ 2. Wymiany rozjazdów o różnych promieniach bez odpowiedniego przesunięcia styku przediglicowego

Przypadki błędów geometrycznych, polegające na niewłaściwym usytuowaniu punktu matematycznego rozjazdu (inaczej – jego środka), można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa błędów polega na stosunkowo niewielkim przesunięciu tego punktu, co powoduje konieczność ukształtowania pewnych krótkich krzywizn pogarszających wygląd układu i prowadzących do przyśpieszonego bocznego zużycia szyn. Druga grupa to pozostawienie styku przediglicowego układanego rozjazdu o promieniu 300 m i skosie 1:9 w miejscu, gdzie znajdował się styk przediglicowy starego rozjazdu o takim samym skosie, lecz o promieniu 190 m.

Przykład błędu pierwszej grupy pokazano na rysunku 2, przedstawiającym fragment połączenia rozjazdu zwyczajnego z rozjazdem krzyżowym pojedynczym. Oba rozjazdy mają ten sam skos 1:9. Przesunięcie osi szyny skrzydłowej w stosunku do szyny stanowiącej przedłużenie opornicy rozjazdu krzyżowego wynosi 80 mm. Na tej podstawie można wyznaczyć błąd m w położeniu punktu matematycznego rozjazdu zwyczajnego

$$m = \frac{p}{\sin(\arctan(1:n))}, \quad (6)$$

gdzie n – mianownik skosu rozjazdu.

Biorąc pod uwagę małe kąty odchylenia torów zwrotnych, można przyjąć

$$m \approx pn.$$

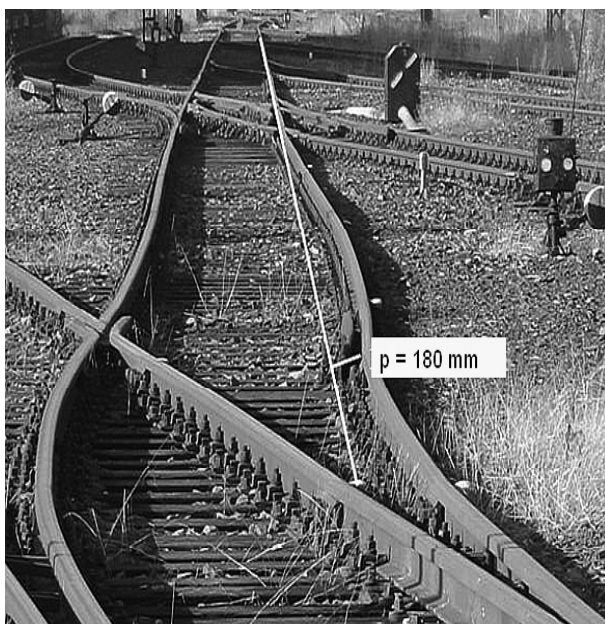


Rys. 2. Błąd spowodowany niewłaściwym położeniem punktu matematycznego [fot. A. Stachowiak]

W konkretnym przypadku użycie znaku równości w przybliżeniu jest uzasadnione dodatkowo tym, że szyna stanowiąca przedłużenie opornicy rozjazdu krzyżowego jest odchylona w lewo o pewien kąt od opornicy. Błąd w położeniu punktu matematycznego wynosi więc $m \approx 80 \cdot 9 = 720$ mm. Ten stosunkowo niewielki błąd spowodował jednak duże krzywizny pokazane na rysunku.

Drugi przykład tego błędu przedstawiono na rysunku 3. Na styku krzyżownicy rozjazdu zwyczajnego prawego z wyłukowaną szyną przesunięcie wynosi 180 mm.

W tym przypadku analogicznie obliczone przesunięcie punktu matematycznego wyniosło $180 \cdot 9 = 1620$ mm.



Rys. 3. Łuk odwrrotny za rozjazdem zwyczajnym spowodowany przesunięciem punktu matematycznego [fot. W. Jankowski]

Dużo gorsze skutki powodują przypadki drugiej grupy, tj. pozostawienie punktu matematycznego rozjazdu o innym promieniu. Przypadek taki jest przedstawiony na rysunku 4. Poza usytuowaniem napędu zwrotnicowego, który dawał się łatwo przenieść, nie było tu żadnej przeszkody, by przemieścić punkt matematyczny o różnicę długości od styku przediglicowego do punktu matematycznego rozjazdów o promieniu 300 i 190 m, która wynosi $16615 - 10523 = 6092$ mm. Błąd taki powoduje deformację układu, mającą strzałkę 0,68 m oraz szybki postęp degradacji nawierzchni.

W omawianym przypadku, ze względu na bardzo duże zniekształcenia układu, natomiast po wymianie rozjazdu wprowadzono ograniczenie prędkości pociągów do 20 km/h. Nie zapobiegło to jednak szybkiemu zużyciu szyn i po stosunkowo niedługim czasie rozjazd ułożony w torze głównym, tj. prawym trzeba było wymienić. Wadliwość tego układu bezpośrednio po jego wbudowaniu wyniosła więc

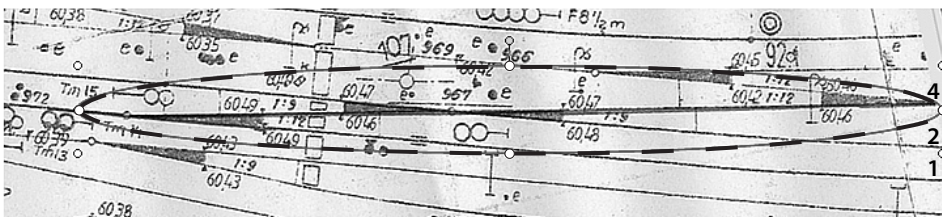
$$W = \left(1 - \frac{20}{40}\right) = 0,50.$$



Rys. 4. Zniekształcenie układu spowodowane brakiem przesunięcia styku przedglicowego rozjazdu 300-1:9 w stosunku do poprzedniego rozjazdu 190-1:9 [fot. H. Bałuch]

Typ 3. Stosowanie rozjazdów o większych promieniach toru zwrotnego, zwłaszcza zaś rozjazdów o promieniu 500 m w układach, w których nie przynoszą one poprawy parametrów kinematycznych i zwiększenia trwałości

Pierwszym przykładem jest układ obejmujący trzy tory (rys. 5). W torze 2. jest ułożony rozjazd krzyżowy pojedynczy, łączący tory 2. i 4. (rys. 6). Połączenie to jest typowe dla rozjazdów o różnych skosach.



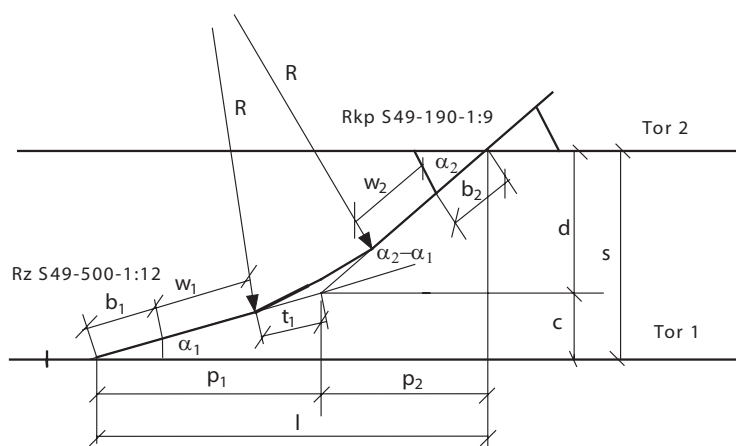
Rys. 5. Fragment planu sytuacyjnego stacji z zaznaczonym układem

Przeanalizujemy połączenie torów o mniejszym rozstawie, tj. torów 1 i 2, którego schemat przedstawia rysunek 7. Przed rozjazdem krzyżowym powinna być wstawka prosta w_2 o wymaganej długości 6,00 m, natomiast wstawkę za krzyżownicą rozjazdu zwyczajnego, przez którą przechodzi łuk kołowy, ze względu na stosunkowo mały roz-

staw torów można pominąć, tj. przyjąć $w_1 = 0$. Wartościami stałymi w tym połączeniu torów są: rozstaw $s = 4,75$ m, $\alpha_1 = 4,76364^\circ$ (odpowiednik skosu 1:12), $\alpha_2 = 6,34019^\circ$ (odpowiednik skosu 1:9), $b_1 = 20,797$ m, oraz $b_2 = 16,615$ m.



Rys. 6. Widok połączenia: na pierwszym planie krzyżownica rozjazdu S49-500-1:12 [fot. A. Krzyżański]

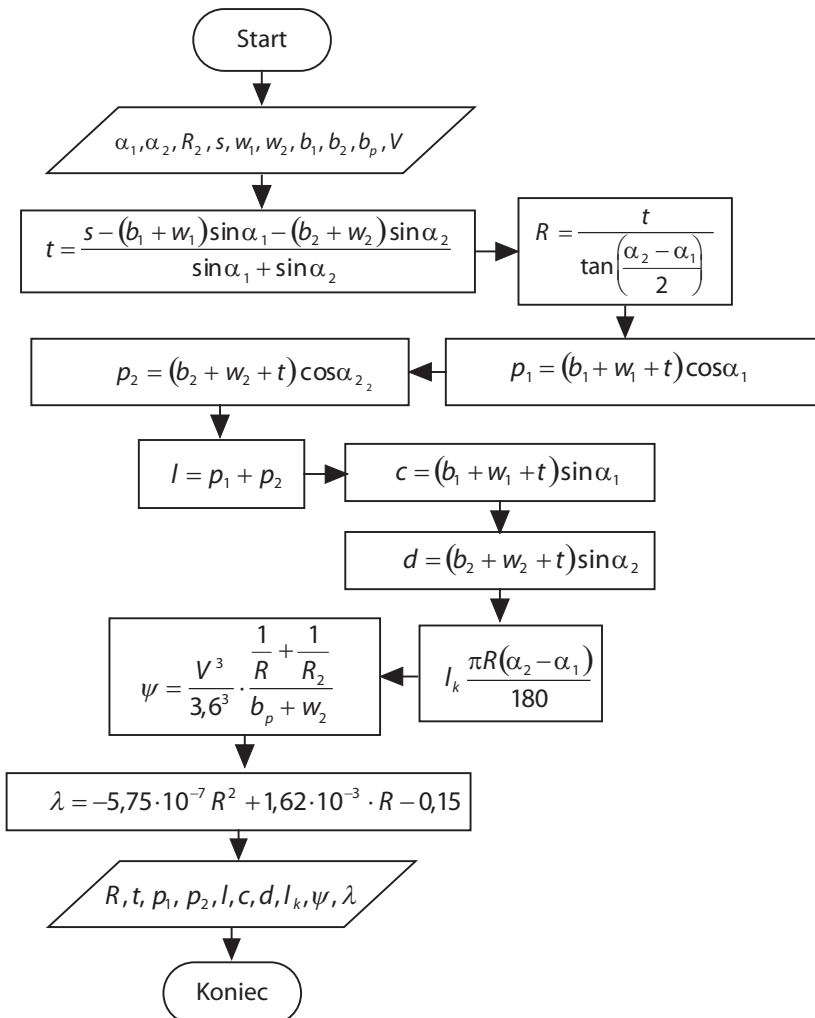


Rys. 7. Schemat układu przedstawionego na rysunku 5

Do pełnych obliczeń tego układu opracowano algorytm przedstawiony na rysunku 8. Zawiera on m.in. wyznaczenie wartości λ , określającej zmniejszenie trwałości szyn w łukach [4]. Przy podanych parametrach otrzymano następujące wartości:

$$\begin{aligned} R &= 197,403 \text{ m,} \\ t &= 2,716 \text{ m,} \\ p_1 &= 23,432 \text{ m,} \\ p_2 &= 25,177 \text{ m,} \\ l &= 48,609 \text{ m,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 1,953 \text{ m,} \\ d &= 2,797 \text{ m,} \\ l_k &= 5,433 \text{ m,} \\ \psi &= 0,268 \text{ m/s}^3, \\ \lambda &= 0,147. \end{aligned}$$



Rys. 8. Schemat blokowy obliczeń połączenia torów równoległych rozjazdami o różnych skosach

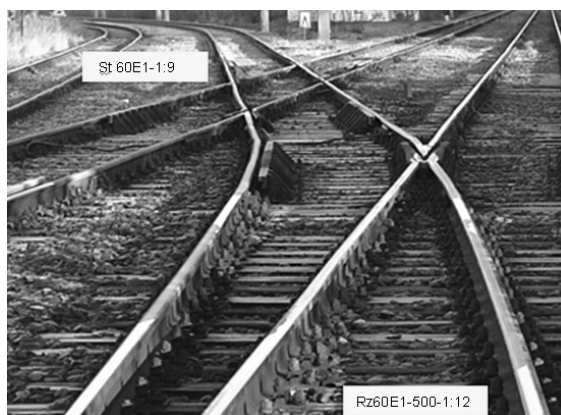
Układ taki jest nie do przyjęcia ze względu na bardzo krótki łuk (l_k) o małym promieniu, powodującym częste wymiany szyn, których trwałość wyniesie zaledwie około 15% trwałości nominalnej. Łączący rozjazdy łuk o promieniu rzędu 200 m, przylegający do łuku toru zwrotnego rozjazdu o skosie 1:12, też będzie powodował szybkie narastanie zużycia jego krzyżownicy.

Lepszym rozwiązaniem w tych warunkach, chociaż dalekim od dobrego, jest rezygnacja ze wstawki przed rozjazdem krzyżowym ($w_2 = 0$). Należy się jednak liczyć z tym, że doprowadzenie łuku łączącego do jego styku, wpłynie na przyśpieszenie zużycia przyległych szyn. W tym wariantcie promień łuku łączącego te rozjazdy wyniesie 446,383 m, jego długość wzrośnie do 12,281 m, a $\lambda = 0,459$.

Z tego porównania wynika, że ułożenie w torze 1. rozjazdu o promieniu 500 m nie było uzasadnione. Zastosowanie rozjazdu o promieniu 300 m wyeliminowałoby całkowicie łuk łączący, a długość wstawki prostej wyniosłaby 9,873 m, przyrost przyśpieszenia zaś $\psi = 0,229 \text{ m/s}^3$. Wartość przyrostu przyśpieszenia ψ obliczono, biorąc pod uwagę, że wjazd z rozjazdu krzyżowego pojedynczego na łuk łączący oba rozjazdy może się odbywać tylko z toru prostego, stąd $R_2 = \infty$. Stopień wykorzystania tego układu wynosi

$$s = \frac{40}{50} = 0,80.$$

Do tej samej grupy przypadków należy układ przedstawiony na rysunku 9. Przy rozstawie torów równym 4,00 m ułożono na posterunku odgałęźnym rozjazd zwyczajny o promieniu 500 m i skosie 1:12, prowadzący na skrzyżowanie torów o skosie 1:9. Za krzyżownicą rozjazdu zwyczajnego widoczny jest wyraźny załom. Teoretyczny promień łuku łączącego ten rozjazd ze skrzyżowaniem torów wynosi 164 m (bez wstawek prostych). Wskutek tak małego promienia i szybkiego zużycia szyn, na układzie tym wprowadzono stałe ograniczenie prędkości do 10 km/h. Ułożenie rozjazdu zwyczajnego o promieniu 500 m było w tych warunkach kardynalnym błędem.



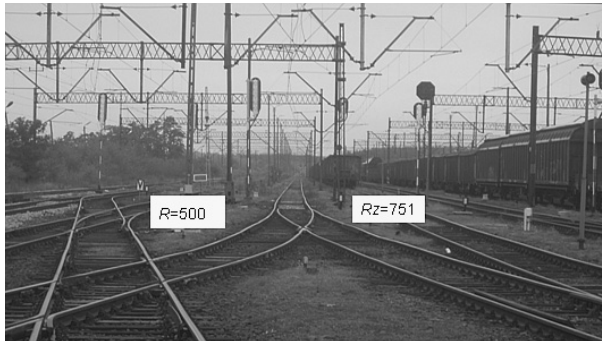
Rys. 9. Układ torów na posterunku odgałęźnym [fot. A. Kaliściak]

Wadliwość tego układu, od chwili ułożenia rozjazdu o promieniu toru zwrotnego 500 m wyniosła więc

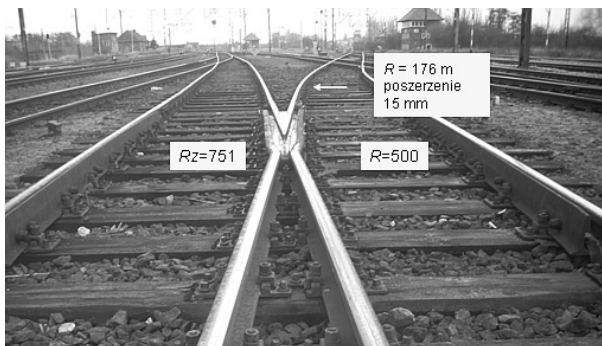
$$W = \left(1 - \frac{10}{40}\right) = 0,75.$$

Typ 4. Stosowanie rozjazdów łukowych w niekorzystnym układzie torów sąsiednich

Odpowiednie zaprojektowanie rozjazdów łukowych może wpłynąć na zmniejszenie długości równi stacyjnej oraz zmniejszenie zużycia szyn w rozjeździe dwustronnym w porównaniu z zużyciem w torze zwrotnym rozjazdu zwyczajnego [8]. Ułożenie tych rozjazdów nie powinno jednak powodować pogorszenia układu torów sąsiednich. Przykładem układu, w którym występują bardzo duże różnice promieni, są rysunki 10 i 11.



Rys. 10. Rozjazd łukowy dwustronny [fot. P. Fleiszerowicz]



Rys. 11. Rozjazd łukowy przedstawiiony na rysunku 10, widziany od strony krzyżownicy [fot. P. Fleiszerowicz]

Rozjazd łukowy dwustronny (rys. 10), utworzony na podstawie układu rozjazdu zwyczajnego 300-1:9, ma tory o promieniach 500 i 751 m, przy czym tor o promieniu 500 m prowadzi do skrzyżowania torów. Za krzyżownicą tego rozjazdu jest widoczny łuk o promieniu 176 m w torze prowadzącym do skrzyżowania. Tak duża różnica promieni powstała wskutek niewłaściwego usytuowania rozjazdu łukowego. Jego położenie,

oddalające go od skrzyżowania (tj. cofnięcie na rysunku 10), spowodowałyby zmniejszenie kątów zwrotów za krzyżownicą, a zatem zwiększenie promienia łuku w torze prowadzącym do skrzyżowania.

Typ 5. Wymiana zwrotnic i krzyżownic w rozjazdach łukowych na zwrotnice i krzyżownice rozjazdów zwyczajnych, spowodowana brakiem planowania wymian

Projektowanie układów torowych z rozjazdami łukowymi powinno odpowiadać zasadzie projektowania na trwałość [4]. Są przypadki, gdy zastosowanie tych rozjazdów zwiększa trwałość układu [8]. W przeciwieństwie jednak do rozjazdów zwyczajnych, rozjazdy łukowe wymagają nietypowej rezerwy awaryjnej zwrotnic i krzyżownic, którą należy przygotować w odpowiednim czasie. Czas wymiany tych części można oszacować stosując diagnostykę obrazowo-porównawczą [2], tj. rejestrując postępujące zużycie i fotografując pojawiające się wady. Zakładając liniowe narastanie zużycia, można oszacować czas wymiany na podstawie wzoru

$$\tau = \frac{t(e_g - e)}{e}, \quad (7)$$

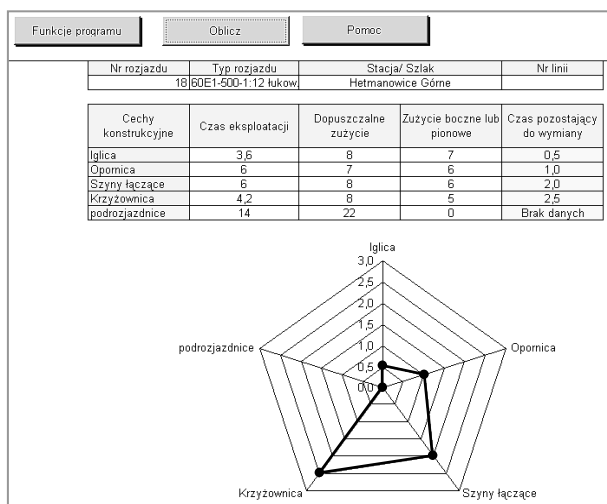
gdzie:

τ – czas do wymiany,

e – zużycie pomierzone po upływie czasu eksploatacji t ,

e_g – zużycie graniczne.

Do obliczeń trwałości całych rozjazdów i ich elementów opracowano program pod nazwą OTROZ [4]. Wyniki obliczeń są w nim przedstawione w postaci graficznej i cyfrowej (rys. 12).



Rys. 12. Jeden z modułów programu OTROZ przedstawiający czas do wymiany części rozjazdu łukowego

Brak rezerwy awaryjnej rozjazdów łukowych prowadzi do anomalii, która polega na zamianie wyłukowanych, zużytych zwrotnic lub krzyżownic, zwrotnicami i krzyżownicami prostymi (rys. 13 i 14). W tych przypadkach występują zwiększone kąty nabiegania kół w miejscach styczności prostych elementów z częściami wyłukowanymi, co powoduje zakłócenia spokojności jazdy i szybsze zużycie szyn.



Rys. 13. Rozjazd łukowy dwustronny z wymienioną prostą krzyżownicą; zauważalny załom za prawą szyną dzioba krzyżownicy [fot. D. Drozd]



Rys. 14. Ten sam rozjazd jak na rysunku 13 z prostą zwrotnicą [fot. D. Drozd]

Typ 6. Brak wstawek prostych

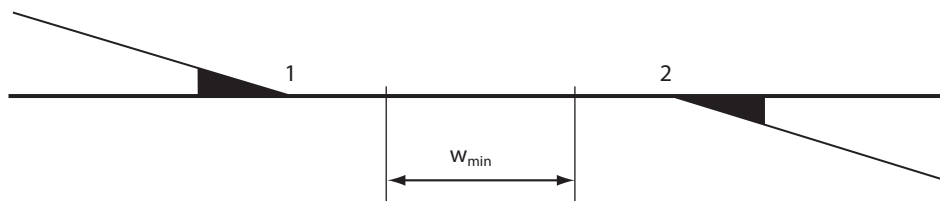
Wstawki proste między rozjazdami spełniają dwa zadania:

- 1) umożliwiają wykonanie poszerzenia toru w przypadku, gdy nominalne szerokości toru w rozjazdach, w punktach przylegających do łączącej je wstawki prostej są różne,
- 2) powodują zmniejszenie przyrostu przyspieszenia ψ występującego podczas przejazdu pojazdu szynowego z prędkością V przez tory zwrotne sąsiednich rozjazdów w przypadku, gdy tworzą one łuki odwrotne [4, 8].

W przypadku układu przedstawionego na rysunku 15, długość wstawki prostej w_{min} w torach głównych zasadniczych, powinna wynosić nie mniej niż 15 m, w torach bocznych zaś nie mniej niż 6 m. Znany jest również wzór

$$w_{min} = \frac{V}{6} \text{ [m]}, \quad (8)$$

z którego wynika, że przy prędkości 40 km/h, stosowanej w torach bocznych, długość wstawki nie powinna być mniejsza niż 6,67 m, tj. w przybliżeniu 7 m.



Rys. 15. Wstawka między rozjazdami o jednakowych kierunkach torów zwrotnych zwróconymi ku sobie stykami przediglicowymi

Tego warunku nie spełnia układ dwóch rozjazdów 49E1-190-1:9, w którym nie zastosowano żadnej wstawki prostej (rys. 16). Na układzie tym doszło już dwukrotnie do wykolejenia taboru.



Rys. 16. Rozjazdy 49E1-190-1:9 ułożone bez wstawki prostej

Typ 7. Błędy w montażu pojedynczych rozjazdów

Deformacje rozjazdu typu 8a-190-1:9,51, przedstawionego na rysunku 17, nie powstały w wyniku obciążenia, lecz z powodu jego skrócenia (obcięcia) o około 4 m, po to aby zmniejszyć promień toru zwrotnego do około 130 m. Zabieg ten miał umożliwić wprowadzenie toru do bramy zakładu. Nie było przy tym żadnych przeszkód, uniemożliwiających ułożenie tego rozjazdu we właściwym miejscu z zachowaniem jego prawidłowego układu.



Rys. 17. Błędy w montażu rozjazdu; wygięta szyna łącząca i załom za krzyżownicą [fot. J. Płusa]

5. WNIOSKI

Przedstawione przypadki prowadzą do niepokojących wniosków. Ich skutkiem jest skracanie trwałości rozjazdów, zakłócenia spokojności jazdy, a nawet możliwość wykołajeń. W przeciwieństwie do wielu innych znanych obrazów złego stanu nawierzchni, mających swe źródła w braku wystarczających zasobów na jej utrzymanie, nieprawidłowości ukazane w tym artykule mają inną genezę. Poza brakiem rezerwy awaryjnej na wymianę części rozjazdów łukowych, którą można w pewnym stopniu uzasadnić przyczynami obiektywnymi, pozostałe przypadki kwalifikują się do grupy błędów popełnianych przez człowieka. Dodatkowym, szkodliwym następstwem tych błędów są trudności w ich usuwaniu, wymagające często kosztownej przebudowy.

Wyłania się więc pytanie, dlaczego takie błędy były i są popełniane. Odrzucając bez troskę w podejmowaniu kosztownych decyzji, przyczyn popełniania tych błędów należałoby doszukiwać się w słabym rozpoznaniu sytuacji na gruncie lub, co jest niestety bardziej prawdopodobne, w braku wystarczającej wiedzy osób, które decydowały o rozwiązaniach nietrafnych. To ostatnie spostrzeżenie stanowi dodatkowe uzasadnienie wniosków zawartych w artykule [3]. Skuteczną radą na brak wystarczającej wiedzy zawodowej są szkolenia. Przedstawiony stan wskazuje, że były one dotychczas niewystarczające. Stan ten wymaga radykalnej zmiany.

BIBLIOGRAFIA

1. Bałuch H.: *Trwałość i niezawodność eksploatacyjna nawierzchni kolejowej*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1980.
2. Bałuch H.: *Diagnostyka obrazowo-porównawcza jako podstawa planowania napraw torów*. „Przegląd Kolejowy”, 1998, nr 4.
3. Bałuch H.: *Kształcenie inżynierów dla potrzeb infrastruktury kolejowej*. „Problemy Kolejnictwa”, 2012, nr 155.
4. Bałuch H., Bałuch M.: *Eksploatacyjne metody zwiększenia trwałości rozjazdów kolejowych*. Warszawa, CNTK, 2009.
5. Bałuch H., Bałuch M.: *Układy geometryczne toru i ich deformacje*. Warszawa, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, 2010.
6. Bałuch H., Bałuch M.: *Determinanty prędkości pociągów – układ geometryczny i wady toru*. CNTK, Warszawa 2010.
7. Gjory O.: *Durability design of concrete structures in severe environment*. Taylor and Francis, 2009.
8. Massel A.: *Projektowanie linii i stacji kolejowych*. Warszawa, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, 2010.