

# Ewolucja techniki i konstrukcji rozjazdów kolejowych według „Albumu rozjazdów z szyn typu S z iglicami sprężystymi” z 1947 roku

Eligiusz MIELOSZYK<sup>1</sup>, Anita MILEWSKA<sup>2</sup>, Sławomir GRULKOWSKI<sup>3</sup>

## Streszczenie

Rozjazdy kolejowe, to elementy nawierzchni kolejowej, które na przestrzeni lat, w największym stopniu ewoluowały pod względem konstrukcji. Wpływ na to miała wzrastająca prędkość pojazdów kolejowych, automatyzacja i bezpieczeństwo. Badania tego urządzenia w różnym zakresie trwały, trwają i będą trwały. Doprowadziły one przede wszystkim do standaryzacji ich konstrukcji. W artykule odniesiono się do wybranych szczegółów rozjazdów 1:9, 1:10, bazując na wydanym w 1947 r. i będącym w posiadaniu autorów, „Albumie rozjazdów z szyn typu S z iglicami sprężystymi”. Szczegóły poszczególnych elementów konstrukcyjnych, zaprezentowane w albumie, sporządzono w skali 1:1.

**Słowa kluczowe:** rozjazd kolejowy, dokumentacja techniczna, eksploatacja rozjazdów kolejowych

## 1. Wstęp

Rozjazdy są jednym z bardziej istotnych elementów drogi szynowej, więc ich tematyce poświęcono wiele miejsca w bibliografii fachowej, co uwzględniono np. w [2–4, 8–13]. Początkowo były to elementy infrastruktury, które umożliwiały wyłącznie rozgałęzienie torów stacyjnych lub łączenie torów różnych linii kolejowych. Z czasem rozjazdy zostały wykorzystane do połączeń międzytorowych, głównie w obrębie stacji kolejowych. Ich znaczenie wzrosło w momencie, kiedy problemem stała się przepustowość torowych układów stacyjnych.

## 2. Rozjazd jako element kluczowy nawierzchni kolejowej

Projektowanie lub modernizowanie linii kolejowej do dużych prędkości [13] lub możliwości kursowania po niej długich pociągów towarowych [9] musi uwzględniać zabudowę rozjazdów różnych typów. W zakresie wprowadzenia na kolei nowej, ciężkiej nawierzchni z udziałem specjalistów branży torowej opracowano między innymi:

- wymiarowanie stalowych elementów nawierzchni, podkładów strunobetonowych i rozjazdów,
- tolerancje wymiarów tych elementów (łańcuchy wymiarowe), właściwości wytrzymałościowe,
- technologię produkcji,
- metody i warunki odbioru,
- technologie spawania szyn i rozjazdów,
- sprzęt do cięcia i otworowania szyn w warunkach eksploatacyjnych,
- spawanie oraz zgrzewanie elementów stalowych i inne.

Punktem wyjścia w przypadku rozjazdów zawsze były doświadczenia i opracowania wcześniejszych prac, np. [1]. Następnie pojawiały się rozwiązania w postaci konstrukcji rozjazdów (o coraz większych promieniach łuków torów zwrotnych, z krzyżownicami z ruchomym dziobem i ze zwielokrotnionymi zamknięciami nastawczymi). Analizowane są również zagadnienia dotyczące łukowania rozjazdów i ich zastosowania [10] lub usytuowanie ich na krzywych przejściowych [11]. Obowiązujące przepisy kolejowe [12] wprowadzają dla rozjazdów łukowych istotne ograniczenia aplikacyjne. Dopuszcza się ich stosowanie jedynie w przypadkach mających uzasadnienie

<sup>1</sup> Prof. dr hab.; Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska; e-mail: eligiusz.mieloszyk@pg.edu.pl.

<sup>2</sup> Dr; Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska; e-mail: anita.milewska@pg.edu.pl.

<sup>3</sup> Dr inż.; Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska; e-mail: slawomir.grulkowski@pg.edu.pl.

ekonomiczne, tj. wtedy gdy zastosowanie podstawowych rozjazdów spowodowałoby m.in. wprowadzenie lokalnego ograniczenia prędkości, nadmiernego wydłużenia lub przesunięcia głowicy rozjazdowej, lub posterunku ruchu, wykonanie dodatkowych robót ziemnych lub konieczność pozyskania nowego terenu (wynikająca z potrzeby przesunięcia lub zmiany przebiegu układu torowego) oraz kolizję z istniejącymi elementami infrastruktury (np. obiektami inżynierskimi).

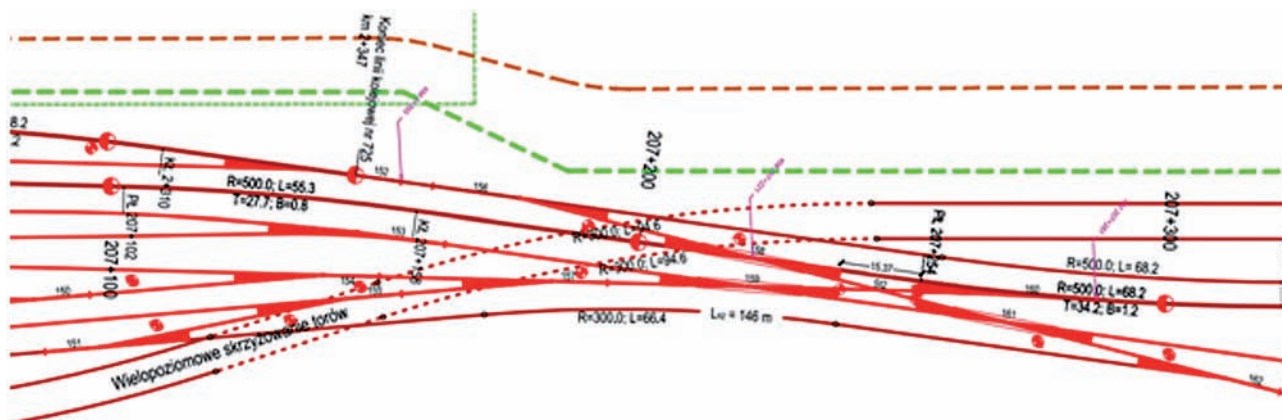
Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na ewolucję celów stosowania rozjazdów na przestrzeni wszystkich lat funkcjonowania kolei. Początkowo były to elementy infrastruktury, które umożliwiały wyłącznie rozgałęzienie torów stacyjnych lub łączenie torów różnych linii kolejowych. Z czasem rozjazdy zostały wykorzystane do połączeń międzytorowych, głównie w obrębie stacji kolejowych. Znaczenie rozjazdów rosło wraz ze wzrostem natężenia ruchu kolejowego. W celu zwiększenia przepustowości układów torowych istotne stało się odpowiednie rozmieszczenie rozjazdów i całych połączeń. W związku z tym, na podstawie badań i obliczeń powstały odpowiednie zasady i kryteria lokalizacji rozjazdów na posterunkach ruchu. Do ogólnych zasad można zaliczyć następujące:

- w torach szlakowych linii kolejowych i stacyjnych torach głównych zasadniczych o prędkości 160 km/h i większej nie można stosować rozjazdów o skosie 1:9;
- rozjazdy typu 190 – 1:9 mogą być stosowane w torach szlakowych linii kolejowych i stacyjnych torach głównych zasadniczych o prędkości 80 km/h i mniejszej, jeżeli są zlokalizowane w pobliżu obiektów inżynierskich, skrzyżowań linii z drogami kołowymi w jednym poziomie lub w innych uzasadnionych przypadkach;
- rozjazdy typu 300 – 1:9 mogą być stosowane w torach szlakowych i głównych zasadniczych

fragmentów linii kolejowej o prędkości 80 km/h i mniejszej;

- rozjazdy typu 300 – 1:9 mogą być stosowane w torach szlakowych i głównych zasadniczych fragmentów linii kolejowej o prędkości 120 km/h, jeżeli są zlokalizowane w pobliżu obiektów inżynierskich, skrzyżowań linii z drogami kołowymi w jednym poziomie lub w innych uzasadnionych przypadkach;
- w połączeniach torowych powinny być stosowane rozjazdy zwyczajne, ewentualnie rozjazdy łukowe;
- w torach szlakowych i głównych zasadniczych fragmentów linii kolejowej o prędkości powyżej 100 km/h nie można stosować rozjazdów krzyżowych i skrzyżowań torów na podrozjazdnicach drewnianych;
- w torach szlakowych i głównych zasadniczych fragmentów linii kolejowej o prędkości 120 km/h mogą być stosowane rozjazdy krzyżowe i skrzyżowania torów na podrozjazdnicach strunobetonowych, jeżeli są zlokalizowane w pobliżu obiektów inżynierskich, skrzyżowań linii z drogami kołowymi w jednym poziomie lub w innych uzasadnionych przypadkach.

Należy pamiętać, że oprócz tradycyjnych zadań, lokalizacja i parametry rozjazdów decydują o przepustowości linii kolejowej. W przypadku stacji obciążonych znacznym ruchem pociągów pasażerskich, jak też dużym ruchem towarowym mamy do czynienia z rozbudowanym układem dróg rozjazdowych [4]. W obrębie stacji występuje ruch liniowy planowy i manewrowy. Należy tak zaprojektować układ torowy stacji i prowadzić ruch przez stację, aby zapewnić jej wymaganą przepustowość i płynność ruchu. Decyduje o tym najbardziej obciążony rozjazd lub zespół rozjazdów w głowicy stacyjnej. Jest to tzw. element krytyczny lub wąskie gardło stacji (rys. 1). Podobna sytuacja występuje przy modernizacji stacji, czy całej linii kolejowej.



Rys. 1. Przykład głowicy rozjazdowej z elementami krytycznymi – rozjazdami nr 151 i 159 [4]

### 3. Źródła pozyskiwania wiedzy o dawnych rozjazdach

Ewolucyjny rozwój techniki rozjazdowej można zaobserwować dzięki dostępnym jeszcze archiwalnym katalogom i dokumentom. Jednym z nich jest niewątpliwie „Album rozjazdów z szyn typu S z iglicami sprężystymi” [1]. Dokument, w postaci wielkoformatowego albumu (675 mm × 510 mm plus wybrane strony rozkładowe) składa się wyłącznie z technicznych rysunków rozjazdów zwyczajnych i krzyżowych o skosach 1:9 i 1:10. Pomimo, że ten dokument pochodzi z 1947 roku, to faktycznie obrazuje stan techniki z lat 1934–1937, o czym świadczy asygnata z określoną datą i podpisem na każdym rysunku. Album jest w dyspozycji autorów.

Ponieważ część elementów wykonywano lub dopasowywano metodami gospodarczymi, konieczne było udostępnienie bardzo szczegółowych rozwiązań każdego elementu konstrukcyjnego. Stąd skale przedstawionych rysunków są bardzo duże, wynoszące: od 1:50 dla całego rozjazdu do 1:1 dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych rozjazdu.

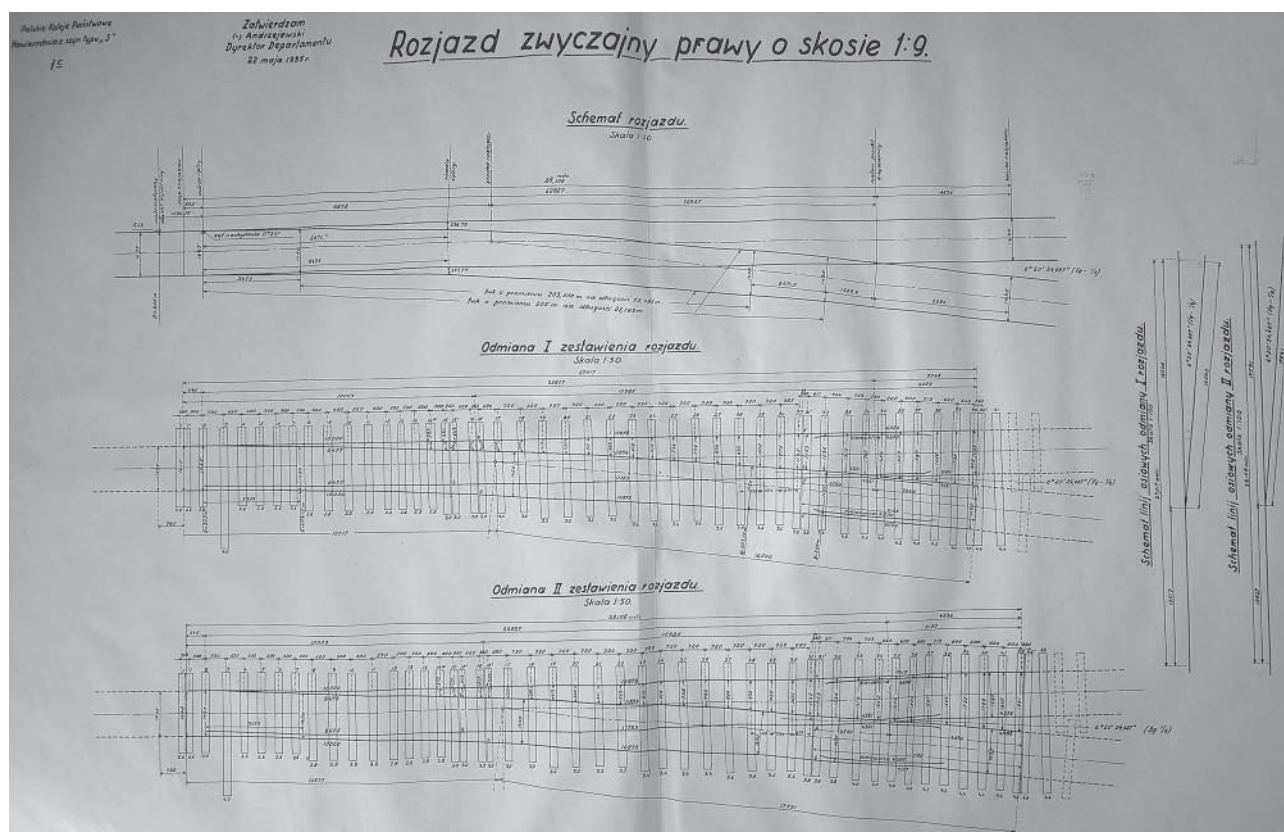
Katalog ten jest dowodem dążenia do ujednolicenia sieci kolejowej przez zachowanie standardowych i tożsamyh rozwiązań. W tym miejscu warto przypomnieć, że na polskiej sieci kolejowej znajdowały się

urządzenia i rozwiązania techniczne pochodzące z trzech państw zaborczych. Stosowanie zamknięcia hakowego było uznawane jako rozwiązanie docelowe.

W przywołanym dokumencie pojawiają się rozjazdy o skosie 1:9 i promieniu 205 m (rys. 2) oraz o skosie 1:10 i promieniu 265 m. O ile rozjazd 1:9 – 205 był i niekiedy jest stosowany do dnia dzisiejszego, to w przypadku rozjazdu 1:10 trudno znaleźć takie rozwiązanie w układach torowych gdyż był stosowany w bardzo ograniczonym zakresie. Można stwierdzić, że oba rozjazdy zastąpiono wkrótce powszechnie stosowanym rozjazdem o skosie 1:9 i promieniu  $R = 300$  m.

Przywołane wydawnictwo dowodzi, że wraz z rozwojem techniki oraz badaniami naukowo-technicznymi, rozwijały się techniki prezentacji, które umożliwiały wymianę wiedzy i informacji, a także szersze dystrybuowanie do odpowiednich jednostek i osób, które wcześniej nie miały do czynienia z transportem kolejowym. O bogatej zawartości albumu świadczy wykaz zawartych w nim rysunków, co przedstawia rysunek 3, kolejne rysunki (4, 5, 6) zaś przedstawiają:

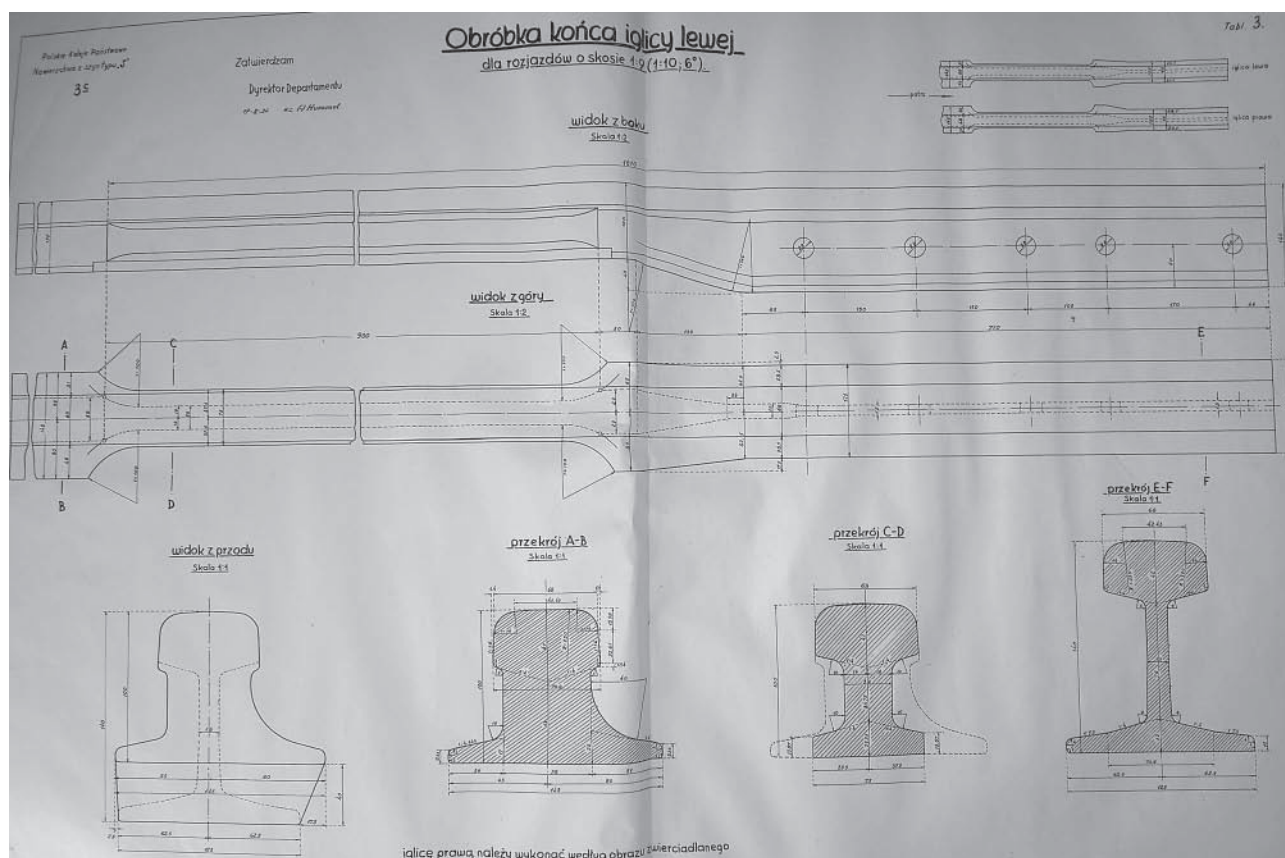
- szczegóły rozwiązań konstrukcyjnych rozjazdu zwyczajnego o skosie 1:9 [1],
- szczegóły geometrii rozjazdu zwyczajnego o skosie 1:10 [1],
- szczegóły konstrukcyjne rozjazdu krzyżowego o skosie 1:10 [1].



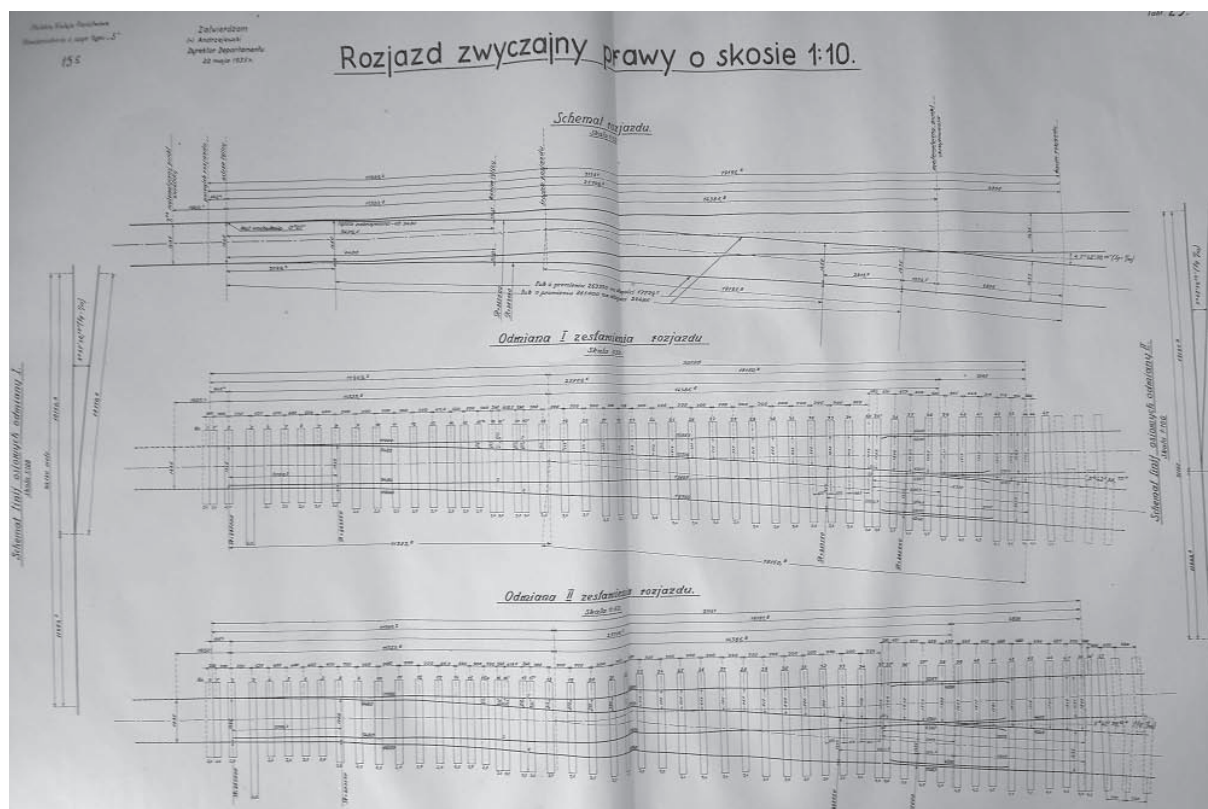
Rys. 2. Przykład rysunku ze szczegółami geometrii rozjazdu zwyczajnego 1:9 [1]

| WYKAZ RYSUNKÓW                                                           |          |                                                                                                    |          |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| TREŚĆ RYSUNKU                                                            | Nr tabl. | TREŚĆ RYSUNKU                                                                                      | Nr tabl. |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 Schematy i plany ogólne             | 1        | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:9 Zamek nastawczy hakowaty                                   | 26       |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 Zwrotnica                           | 2        | Rozjazd angielski o skosie 1:9 Opórki                                                              | 27       |
| Obróbka końca iglicy lewej dla rozjazdów o skosie 1:9 (1:10 i 6°)        | 3        | Skrzyżowanie torów o skosie 1:9 Schematy i plan ogólny                                             | 28       |
| Obróbka iglicy hakowej dla rozjazdów typu „S” o skosie 1:9               | 4        | Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:10 Schematy i plan ogólny                                       | 29       |
| Obróbka iglicy prostej dla rozjazdów typu „S” o skosie 1:9               | 5        | Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:10 Zwrotnica                                                    | 30       |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 Siodełka podgiglowe                 | 6        | Obróbka iglicy hakowej dla rozjazdu typu „S” o skosie 1:10                                         | 31       |
| Wkładki łączące iglice z szyną oporową dla rozjazdów o skosie 1:9 i 1:10 | 7        | Obróbka iglicy prostej dla rozjazdu typu „S” o skosie 1:10                                         | 32       |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 Opórki                              | 8        | Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:10 Opórki                                                       | 33       |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 (1:10, 6°) Zamek nastawczy hakowaty | 9        | Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:10 Krzyżownica                                                  | 34       |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 Krzyżownica                         | 10       | Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:10 Szyny krzyżownicy pojedynczej                                | 35       |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 Przekroje krzyżownicy               | 11       | Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:10 Przekroje krzyżownicy                                        | 36       |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 Części krzyżownicy                  | 12       | Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:10 Części krzyżownicy                                           | 37       |
| Rozjazd zwyczajny prawy o skosie 1:9 Kierownica i jej części             | 13       |                                                                                                    |          |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:9 Schematy i plan ogólny                                   | 14       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:9 Części zamka nastawczego hakowatego                      | 15       |
|                                                                          |          | Płyty specjalne dla rozjazdów o skosie 1:9                                                         | 16       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:9 Schematy i plan ogólny                                   | 17       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:9 Zwrotnica                                                | 18       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:9 Krzyżownice podwójne                                     | 19       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:9, 1:10 i 6° Części zamka nastawczego hakowatego           | 20       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:9                                                            | 21       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:9 Zwrotnica                                                  | 22       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:9 Krzyżownica podwójna                                       | 23       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:9 i 1:10 Styk opornicy w granicach iglicy                    | 24       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:9 Siodełka podgiglowe                                        | 25       |
|                                                                          |          | Płyty specjalne dla rozjazdów o skosie 1:10                                                        | 38       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:10 Schematy i plan ogólny                                  | 39       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:10 Zwrotnica                                               | 40       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy o skosie 1:10 Krzyżownice podwójne                                    | 41       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy i podwójny o skosie 1:10 Szyny krzyżownic podwójnych                  | 42       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski pojedynczy (podwójny) o skosie 1:10 Przekroje podwójnej krzyżownicy              | 43       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:10 Schematy i plan ogólny                                    | 44       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:10 Zwrotnice                                                 | 45       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:10 Zamek nastawczy hakowaty do iglic wewnętrznych            | 46       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:10 Części zamka nastawczego hakowatego do iglic wewnętrznych | 47       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski podwójny o skosie 1:10 Krzyżownice podwójne                                      | 48       |
|                                                                          |          | Rozjazd angielski o skosie 1:10 Opórki                                                             | 49       |
|                                                                          |          | Skrzyżowanie torów o skosie 1:10 Schematy i plan ogólny                                            | 50       |

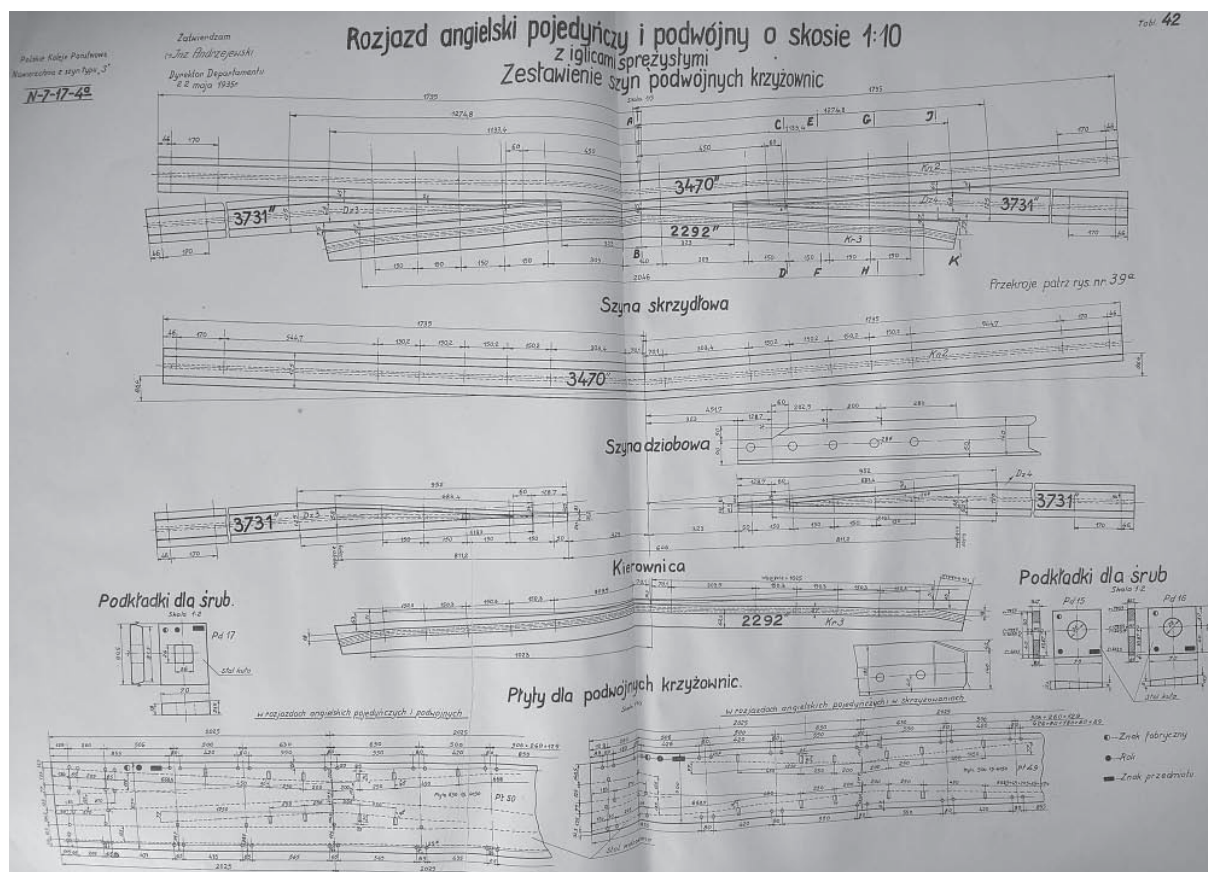
Rys. 3. Strona ze spisem treści „Albumu rozjazdów z szyn typu S z iglicami sprężystymi” z 1947 roku [1]



Rys. 4. Szczegóły rozwiązań konstrukcyjnych rozjazdu zwyczajnego o skosie 1:9 [1]



Rys. 5. Przykład rysunku ze szczegółami geometrii rozjazdu zwyczajnego o skosie 1:10 [1]



Rys. 6. Przykład rysunku ze szczegółami konstrukcyjnymi rozjazdu krzyżowego o skosie 1:10 [1]

#### 4. Współczesne badania dotyczące rozjazdów kolejowych

Badania dotyczące rozjazdów kolejowych, bądź ich elementów, obejmują wiele obszarów. Na uwagę zasługują badania dotyczące np. doświadczalnej i numerycznej analizy naprężeń własnych w iglicach rozjazdowych [7], badania oddziaływań dynamicznych (w tym pod względem dużych prędkości), badania dynamiki rozwoju uszkodzeń elementów rozjazdów i badania materiałowe elementów rozjazdów [6]. W tym obszarze znajdują się również badania dotyczące nowych rozwiązań konstrukcyjnych rozjazdów, w tym minimalizacja powierzchni trących (rys. 7).



Rys. 7. Powierzchnia główki szyny po zastosowaniu komponentu minimalizującego tarcie Belzona [fot. S. Grulkowski]

Na przestrzeni lat zmieniły się też rozwiązania konstrukcyjne rozjazdów. Stosowano krzyżownice stałe o konstrukcji kuto-zgrzewanej, zgrzewano-spawanej, typu insert, krzyżownice manganowe monoblokowe, krzyżownice ruchome (z tzw. ruchomym dziobem). W każdym przypadku ma znaczenie kwestia materiałowa. Stosowane są różne rodzaje stali, a wśród nich jest stal wysokomanganowa (manganowa), utwardzona (wzmocniona) – o minimalnej twardości 320 HB. Każdy rodzaj stosowanej stali ma swoje wady i zalety. Przykładowo, wspomniany materiał jest trudno łączyć ze stalą szynową (potrzebne są specjalne technologie ich łączenia czy regeneracji). Pewną nowością jest stosowane staliwo bainityczne stosunkowo łatwe do zgrzewania, spawania i napawania.

Ręczne przestawianie rozjazdów zostało zastąpione urządzeniami elektromechanicznymi, które były połączone z urządzeniami sterowania ruchem

kolejowym. Współczesne rozjazdy są ogrzewane i nie ma potrzeby ręcznego ich rozmrażania.

Utrzymanie rozjazdów [5] obejmuje ich diagnostykę, a w niej zasady dokonywania oględzin rozjazdów, terminy oględzin rozjazdów, rejestrację wyników oględzin rozjazdów, zasady i terminy wykonywania badań technicznych rozjazdów oraz ich rejestrację. Oprócz diagnostyki rozjazdów należy prowadzić ich konserwację i naprawy według odpowiednich zasad.

W wyniku bieżącej eksploatacji elementy rozjazdów zużywają się. Pojawiający się objaw zużycia wybranego elementu rozjazdu nie decyduje o wyłączeniu go z dalszej eksploatacji. O tym decydują wielkości dopuszczalne zużycia części rozjazdowych, a dokładniej kryteria wymiany rozjazdów i ich części składowych.

#### 5. Podsumowanie i wnioski

Rozwój techniki i technologii wymaga badań, testów i eksperymentów [6, 7]. O ile jesteśmy w stanie odtworzyć te procesy z okresu po II wojnie światowej, gdy procesy i techniki rejestracji zdecydowanie zostały rozpowszechnione (fotografia, zapisy dźwiękowe, zapisy obrazu, zapisy tekstowe i numeryczne), to wcześniejsze osiągnięcia są dość trudne do identyfikacji ze względu na upływ czasu, a także straty wojenne. Dlatego jednym ze sposobów na odtworzenie procesu rozwojowego jest śledzenie publikacji, zasad lub dokumentacji technicznej. Dokumenty te umożliwiają także odtworzenie procesu postępu technicznego również w kolejnictwie. Odniesienie się do takich materiałów, jak opisany pokrótce Atlas, pokazuje dużą kulturę techniczną i profesjonalizm pracowników kolei w tamtych latach. Przedstawione materiały były oczywiście punktem wyjścia w późniejszych latach do dalszego rozwoju konstrukcji technicznych różnego typu rozjazdów kolejowych.

#### Literatura

1. Album rozjazdów z szyn typu S z iglicami sprężystymi, Wydawnictwo Ministerstwa Komunikacji, 1947.
2. Bugarin M., Orro A., Novales M.: *Geometry of high speed turnouts. Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board* 2011, No. 2261, pp. 64–72.
3. Grulkowski S.: *Wybrane zagadnienia budowy, projektowania i eksploatacji dróg szynowych*, Monografia wieloautorska pod redakcją S. Grulkowskiego, Rozdział 8, W. Koc, K. Szwachkiewicz: *Ocena wspomagania komputerowego przy wyznaczaniu*

- lokalizacji rozjazdów łukowych na połączeniach torów równoległych, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej [w druku].
4. Grulkowski S.: *Wybrane zagadnienia budowy, projektowania i eksploatacji dróg szynowych*, Monografia wieloautorska pod redakcją S. Grulkowskiego, Rozdział 18 E, Mieloszyk A. Milewska A., Grulkowski S.: *O przepustowości linii kolejowej*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej [w druku].
  5. Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id – 4, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2019.
  6. Kukulski J.: *Distribution of residual stresses of railway steel components after the cold rolling*, Proceedings of 22nd International Scientific Conference Transport Means 2018 / Kersys Robertas (red.), Transport Means, 2018, Kowno, Kaunas University of Technology, s. 1293–1296.
  7. Kwaśniewski L., Kowalczyk P., Towpik K.: *Experimental and numerical analysis of residual stresses in switch blades*, Archives of Civil Engineering L, 2, 2004.
  8. Łączyński J.: *Rozjazdy kolejowe*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności WKiŁ, Warszawa, 1978.
  9. Mieloszyk E.: *Długie pociągi*, 64. Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB. Inżynieria kolejowa – szanse i wyzwania, Politechnika Krakowska, Kraków, 2018, s. 173–186.
  10. Nowakowski M.: *Łukowanie rozjazdów o nietypowej konstrukcji w metrze w Sao Paulo*, Logistyka, 2011, nr 6.
  11. Szablowska P., Rochel M.: *Aspekty projektowania rozjazdów na łukach i krzywych przejściowych w świetle przepisów krajowych*, Autobusy 6/2019.
  12. 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 – Załącznik ST-T1-A6 „Układy geometryczne torów”, Załącznik nr 1 do uchwały nr 1086/2017 Zarządu PKP PLK S.A. z dnia 13 listopada 2017 r.
  13. Towpik K.: *Koleje Dużych Prędkości, Infrastruktura drogi kolejowej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2012.