

Automatyczne sprzęganie taboru kolejowego. Część I – Historia rozwoju sprzęgu samoczynnego

Janusz POLIŃSKI¹

Streszczenie

Artykuł przedstawia rys historyczny dotyczący ewolucji sprzęgów samoczynnych na świecie. Rozwój transportu kolejowego i związane z tym rosnące zapotrzebowanie na tabor kolejowy, wiąże się z koniecznością częstego łączenia i rozłączania wagonów. Częste manewrowanie sprzęgiem śrubowym było dla personelu kolejowego ciężką i niebezpieczną pracą, stąd poszukiwano rozwiązań usprawniających ten proces oraz gwarantujących wzrost bezpieczeństwa. Takim rozwiązaniem stał się sprzęg samoczynny. Dzięki dużej wytrzymałości sprzęgu stworzono możliwość zwiększenia ładowności wagonów, a tym samym ładowności pociągu i jego długości. W artykule opisano problem samoczynnego łączenia taboru kolejowego oraz ewolucję konstrukcji sprzęgów, będącą następstwem rozwoju techniki i możliwości stosowania nowych materiałów. Przedstawiono również techniczne rozwiązania sprzęgów, jak np.: Jenny, Willsona, Scharfenberga i wielu innych, a także interesujące rozwiązania mechanizmów eliminujących ręczną pracę przy łączeniu sprzęgów śrubowych stosowanych w pojazdach trakcyjnych podczas wykonywania prac manewrowych, w tym urządzenie zaprojektowane w Polsce. Scharakteryzowano także różne rozwiązania sprzęgów samoczynnych, które w większości nie są ze sobą kompatybilne. Czytelnikom zainteresowanym tematem zaproponowano interesujące filmy obrazujące omawiane treści. W niniejszym artykule pominięto opisanie rozwoju ujednoliconej konstrukcji sprzęgu samoczynnego dla kolei europejskich, ponieważ będzie to tematem II części artykułu.

Słowa kluczowe: transport kolejowy, łączenie taboru kolejowego, sprzęg samoczynny

1. Wstęp

W wielu krajach europejskich, w tym także w Polsce, do łączenia wagonów w skład pociągu jest obecnie stosowany sprzęg śrubowy. Służy on do przenoszenia siły pociągowej. Zderzaki stosowane w tym rozwiązaniu przenoszą siły ściskające powstające m.in. z nabieganiem pojazdów podczas hamowania. Sprzęgnięcie polega na ręcznym zaczepleniu ucha sprzęgu wagonu o hak sąsiedniego pojazdu. Doprowadzenie do skrócenia połączenia tak, aby zderzaki sąsiednich wagonów stykały się ze sobą, wymaga ręcznego pokręcenia śrubą rzymską. Sprzęg śrubowy nie zapewnia łączenia przewodów elektrycznych, ani przewodów hamulcowych. Aby je połączyć, pracownik kolei musi wejść pod zderzakami pomiędzy pojazdy i ręcznie wykonać czynności łączenia. Sprzęganie taboru kolejowego za pomocą sprzęgu śrubowego, wraz z łączeniem przewodów hamulcowych, jest najbardziej niebezpieczną czynnością podczas formowania składu pociągu. Wypadki zdarzające się podczas wykonywania tych czynności należą do ciężkich lub śmiertelnych i mogą ograniczać płynność ruchu pociągów.

W 1889 roku, w odezwie przedstawionej w Kongresie, prezydent Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej Benjamin Harrison stwierdził: (...) *Czynię zarzut naszej cywilizacji, że istnienie u nas klasa ludzi, którą przy pełnieniu codziennej i korzystnej pracy narażamy na śmierć i kalectwa na równi z żołnierzem podczas bitwy* (...). Na kolejach amerykańskich słowa te stały się hasłem do rozpoczęcia prac nad nowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi urządzeń łączących wagony, które nazwano sprzęgami samoczynnymi. W 1889 roku podczas przetaczania wagonów na kolejach USA zanotowano 7057 ciężkich wypadków [12]. Od tego roku zaczęto wdrażać pierwsze rozwiązania sprzęgów samoczynnych, które stopniowo eliminowały czynności wykonywane ręcznie.

W ciągu czterech lat od wypowiedzi prezydenta, liczba nieszczęśliwych wypadków pracowników kolejowych zatrudnionych przy łączeniu wagonów dotknęła 11 710 osób, co wynikało z dużego wzrostu liczby eksploatowanych wagonów. W ciągu 14 lat od rozpoczęcia prac nad sprzęgiem samoczynnym, tj. do 1903 roku, w sprzęg samoczynny wyposażono 1 722 000 wagonów kursujących na terenie Stanów Zjednoczonych. W okresie wprowadzania sprzęgów

¹ Dr inż.; emerytowany pracownik Instytutu Kolejnictwa; e-mail: jpolin53@vp.pl.

samoczynnych liczba eksploatowanych wagonów zwiększyła się z 1 050 000 do 1 755 000 pojazdów. O ile w 1889 roku na każde 100 000 łączonych wagonów wypadkom ulegało 672 pracowników kolejowych, to w 1903 roku, liczba ta spadła do 221 osób [12].

W czasie wprowadzania pierwszych rozwiązań sprzęgu samoczynnego pojawiały się trudności polegające na tym, że po rozprzęgnięciu wagonów sprzęg nie nastawiał się współosiowo do nowego połączenia. W praktyce eksploatacyjnej należało ręcznie nastawiać sprzęg tak, aby było możliwe ponowne samoczynne łączenie wagonów. Te czynności w dalszym ciągu były przyczyną pewnego procentu wypadków. Z biegiem czasu tę niedogodność usunięto.

Według ówczesnych obliczeń [12], w wyniku rezygnacji ze sprzęgu śrubowego, a tym samym ręcznej manipulacji między wagonami, w ciągu doby obrotu jednego wagonu, uzyskano oszczędność czasu z tytułu:

- rozprzęgania – 5 sekund,
- samoczynnego łączenia – 30 sekund.

Odnosząc to do 1 722 000 eksploatowanych wagonów, zaoszczędzono 6 027 000 godzin, co można opisać następującym wzorem:

$$h = \frac{l_{dp} h_1 l_w}{3600} = 6027000 \text{ [h]}$$

gdzie:

l_{dp} – liczba dni pracy w Stanach Zjednoczonych w 1903 roku – 360 [dni],

h_1 – oszczędność czasu przy jednym rozłączeniu i łączeniu wagonu $5 + 30 = 35$ [s],

l_w – liczba eksploatowanych wagonów w Stanach Zjednoczonych w 1903 roku – 1 722 000 [wagonów].

Jeżeli w minionych latach, efektywny czas pracy jednego pracownika manewrowego na kolejach Stanów Zjednoczonych wynosił 2500 godzin, to wprowadzenie sprzęgów samoczynnych było równoznaczne z ograniczeniem zatrudnienia o 2411 pracowników. Pomimo dużego uproszczenia tego rozumowania, świadczy to, że już na początku XX w. poszukiwano ekonomicznego uzasadnienia wprowadzenia sprzęgów samoczynnych.

Uzyskana oszczędność czasu, podniosła efektywność wykorzystania obiegu wagonów. Według statystyki, np. zarządu kolei niemieckich z 1925 roku, wagon towarowy jedynie w 14% czasu obiegu przemieszcza się w pociągu jako ładowny [9]. Wynika stąd, że zastosowanie sprzęgu samoczynnego wpływa na skrócenie czasu potrzebnego do przetaczania wagonów na bocznicach i punktach ładunkowych, w celu podstawienia na odpowiednie fronty ładunkowe. Oszczędności z tego tytułu były związane ze skróceniem czasu obrotu, co umożliwiało efektywniejsze wykorzystanie taboru przewozowego.

Drugim ważnym czynnikiem podnoszącym wydajność taboru przewozowego, a więc bezpośrednio wpływającym

na ekonomię ruchu towarowego, stała się możliwość przenoszenia większej siły pociągowej przez sprzęg samoczynny. Dzięki większej wytrzymałości sprzęgów samoczynnych, w porównaniu do sprzęgów śrubowych, została zwiększona ładowność pojedynczych wagonów. Przy przewozie ładunków sypkich przewożonych luzem, pierwotną ładowność 13,5 tony zwiększono nawet do 120 ton [9]. Umożliwiło to zwiększenie długości pociągu i jego ładowności.

Wprowadzenie sprzęgów samoczynnych na początku XX w., przyniosło Stanom Zjednoczonym podwójną korzyść: znaczne powiększenie masy przewożonych ładunków jednym pociągiem, przy równoczesnym zmniejszeniu stosunku tary wagonów do ich ładowności z 50% do 32,5% [9]. Stało się to także impulsem do opracowania nowych konstrukcji wagonów towarowych oraz produkcji silniejszych pojazdów trakcyjnych.

W odniesieniu do kolejowych przewozów towarowych, problematyka łączenia i rozłączania wagonów jest znacznie bardziej skomplikowana niż w ruchu pasażerskim. Wynika to z konieczności wykonywania wielu prac manewrowych związanych z przeformowywaniem składów pociągów na stacjach pośrednich (rozrządowych) i koniecznością podstawiania wagonów na specjalizowane fronty ładunkowe, w celu wykonania operacji wyładunku i załadunku towarów.

Celem artykułu jest opisanie problemów dotyczących automatyzacji czynności sprzęgania wagonów w celu uzyskania większego bezpieczeństwa. W części I, przedstawiono historię rozwoju sprzęgów samoczynnych w ujęciu konstrukcyjnym i funkcjonalnym. Część II będzie poświęcona działaniom zmierzającym do opracowania ujednoliconej konstrukcji sprzęgu samoczynnego stosowanego w Europie, w tym pracom nad rozwojem automatycznego sprzęgu cyfrowego (DAC). Pozwoli to odpowiedzieć na pytanie: czy po wielu latach od powstania pierwszego sprzęgu samoczynnego, automatyczne sprzęganie wagonów towarowych na naszym kontynencie stanie się w najbliższej przyszłości rzeczywistością?

2. Informacje ogólne związane z łączeniem pojazdów kolejowych

Ogólną cechą systemu kolejowego jest łączenie w skład pociągu poszczególnych pojazdów – wagonów między sobą oraz pojazdu trakcyjnego (lokomotywy) z wagonami. Pojazdy są łączone mechanicznie za pomocą odpowiednich urządzeń umożliwiających bezpieczną jazdę pociągu. Sprzęg samoczynny to urządzenie, które na obecnym etapie rozwoju techniki nie jest obsługiwane ręcznie. Istnienie takiego rozwiązania umożliwia całkowite wykluczenie sprzęgu śrubowego. Większość znanych na świecie rozwiązań sprzęgów jest jednak wzajemnie niekompatybilna.

Zamontowanie sprzęgu samoczynnego w wagonie jest związane z pozostawieniem w belkach czołowych z obu stron i w konstrukcji ostoi pojazdu wolnej przestrzeni (komory) służącej do umieszczenia amortyzatorów, odpowiedniego podparcia teleskopowo-biegunowego i sworzni przegubu

łączącego tylną część sprzęgu z amortyzatorem. Wielkość komory w konstrukcji ostoi pojazdu powinna również zapewnić wolne przestrzenie montażowe, niezbędne podczas montażu i demontażu sprzęgu wraz z osprzętem.

Istotnym zagadnieniem dotyczącym połączeń pojazdów jest przenoszenie wielu sił, z których najważniejsze, to: siła pociągowa (ruszanie i jazda) oraz siły ściskające (ograniczanie prędkości i hamowanie, w którym może dochodzić do nabiegania pojazdów). Konstrukcje sprzęgów samoczynnych są ściśle związane z występowaniem tych sił. Dzięki zastosowaniu odpowiednich rozwiązań technicznych są również ograniczane lub redukowane względne ruchy między każdym z pojazdów, przy jednoczesnym zapewnieniu wymaganej elastyczności połączenia. W konstrukcji sprzęgów samoczynnych przenoszących jedynie siły pociągowe, konieczne jest stosowanie zderzaków niezbędnych do przenoszenia i tłumienia sił ściskających.

Urządzenia, które łączą pojazdy kolejowe charakteryzują się różnymi poziomami automatyzacji. Zależą one m.in. od rozwiązania technicznego sprzęgu, poziomu zastosowanych rozwiązań technicznych i technologicznych, zastosowanych materiałów, a także kosztów wykonania konstrukcji i jej montażu w taborze. Systematyzując stosowane obecnie rozwiązania łączenia pojazdów kolejowych można wyróżnić [4, 15, 16, 17, 21]:

- Urządzenia ręczne, w których sprzęganie i rozprzęganie odbywa się manualnie. Dotyczy to sprzęgu: śrubowego, „link and pin”, trąbkowego, orczykowego, łańcuchowego i Alberta. Czynność sprzęgania sprzęgu śrubowego polega na zbliżeniu sąsiednich pojazdów tak, aby było możliwe zamocowanie ucha na haku, a następnie dokręcenie śruby rzymskiej wymuszającej zetknięcie zderzaków z odpowiednim dociskiem. W przypadku sprzęgu typu „link and pin” i innych rozwiązań zachodzi konieczność ręcznego włożenia sworznia w ogniwa sprzęgające. Przewody hamulcowe, elektryczne i inne muszą być łączone ręcznie. Omówienie tych rozwiązań sprzęgów wykracza poza zakres artykułu.
- W sprzęgu półautomatycznym sprzęganie odbywa się automatycznie, gdy pojazdy poruszają się ku sobie z niewielką prędkością. Po zetknięciu, siła uderzenia umożliwia mechanizmowi zatraskowemu połączenie obu sprzęgów. Rozłączenie sprzęgniętych pojazdów jest uruchamiane ręcznie. W większości rozwiązań następuje to

przez zwolnienie (usunięcie) części mechanizmu zatraskowego za pomocą specjalnego uchwytu.

- W sprzęgu automatycznym proces sprzęgania jest prawie taki sam jak w przypadku sprzęgów półautomatycznych, tj. następuje automatyczne sprzęganie, gdy wagony dojeżdżają do siebie z określoną prędkością. Dodatkowo, w tym procesie następuje połączenie przewodów hamulcowych, elektrycznych, a także innych. Inicjacja rozprzęgania odbywa się zdalnie, np. z boku pojazdu lub z kabiny lokomotywy. Takie rozwiązanie charakteryzuje się brakiem jakiegokolwiek ingerencji ręcznej w proces łączenia i rozłączania pojazdów.

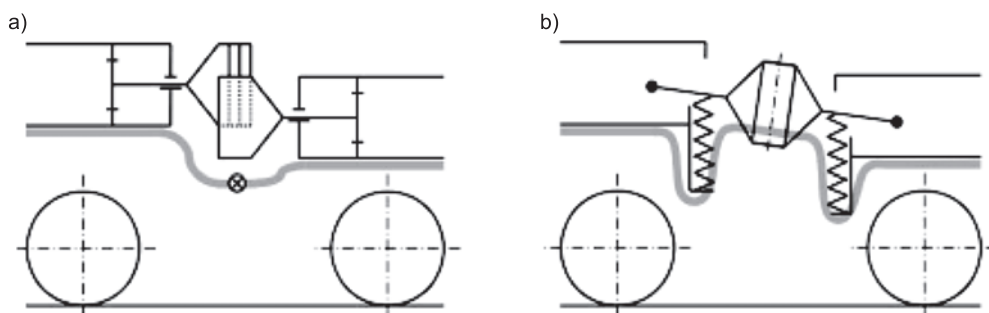
Opisane zasady techniczne są w ścisłym związku z różnymi poziomami automatyzacji sprzęgów, co można osiągnąć przez [3, 5, 37]:

- mechaniczne samoczynne sprzęganie,
- samoczynne łączenie przewodów pneumatycznych hamulca,
- samoczynne łączenie przewodów elektrycznych,
- samoczynne łączenie siłowych przewodów elektrycznych,
- samoczynne łączenie przewodów transmisji danych,
- samoczynne rozprzęganie.

W sprzęgu samoczynnym istotną rolę odgrywa rodzaj złącza, które może być ruchome lub sztywne (rys. 1). Wynika to z rozwiązania główki sprzęgu oraz konstrukcji mechanizmu zatraskowego.

W połączeniu ruchomym, profil wewnętrzny połączonych głowic umożliwia wzajemny ruch pionowy względem siebie. Jednocześnie jest ograniczony ruch tylnej części sprzęgu w komorze w ostoi pojazdu. Zgodnie z zasadą sprzęgania ruchomych złączy, proces łączenia jest łatwiejszy, zwłaszcza na ciasnych łukach. Takie rozwiązanie charakteryzuje się wieloma wadami, z których najistotniejsze, to szybsze zużywanie się powierzchni styku głowic, będące następstwem istnienia większych luzów, wzmożony hałas oraz brak lub ograniczona możliwość łączenia przewodów hamulcowych, elektrycznych, sterowniczych itp., czyli znacznie trudniejsza automatyzacja połączenia.

Niewątpliwą zaletą połączenia ruchomego jest prosta konstrukcja, duża wytrzymałość i tolerancja ustawienia głowic na różnych wysokościach od główek szyn podczas



sprzęgania, a także niskie koszty wykonania urządzeń sprzęgających. Stąd takie rozwiązanie znalazło szerokie zastosowanie w taborze towarowym. Przy sprzęgach ruchomych montowanych w wagonach pasażerskich stosuje się również zderzaki, które poprawiają spokojność jazdy i zapobiegają szarpnięciom podczas ruszania pociągu. Należy podkreślić, że do tego rodzaju rozwiązań zalicza się standardowe wersje sprzęgu Janney lub Willisona [36].

W połączeniu sztywnym zaletą rozwiązania jest to, że w stanie połączenia sprzęgów występuje bardzo niewielki ruch główek względem siebie. Skutkuje to niskim zużyciem współpracujących powierzchni. Takie rozwiązanie umożliwia realizację jednoczesnego łączenia przewodów hamulcowych, elektrycznych oraz innych, a więc automatyzację łączenia i rozłączania pojazdów. Znanymi rozwiązaniami tego typu są sprzęgi: UIC/OSJD „AK69” oraz „Intermat”, SchaKu, Compact („C-AKv”) lub Schwab. Warunki techniczne dotyczące sprzęgów samoczynnych zostały określone w karcie UIC 522-2 [6] i UIC 523 [7]. Siły występujące w obu rodzajach połączeń przedstawiono na rysunku 2.

Z rysunku 2a wynika, że trzon sprzęgu w rozwiązaniu ruchomym musi być zamocowany obrotowo względem osi poprzecznej i podparty tak, aby mógł się przesunąć podczas zajęcia pozycji centralnej w stanie rozłączonym. Muszą być zatem zapewnione dwa stopnie swobody, tj. obrót wokół osi pionowej i obrót wokół osi poprzecznej.

Sposób mocowania sprzęgu w ostoi pojazdu jest także istotny w czasie przenoszenia sił wzdłużnych. Ma to duże znaczenie, kiedy osie pojazdów są względem siebie przesunięte o wartość „s”. Przenoszenie sił wzdłużnych „ P_L ” za pomocą prostego przegubu kulowego spowoduje powstanie sił bocznych (ścinających) „ P_Q ”, które powodują niestabilność jazdy, a nawet przyspieszone zużywanie kół i szyn. Jest to szczególnie istotne dla pojazdów 2-osiowych, które są podatne na wykolejenie pod wpływem działania tych sił [3].

W połączeniu nieruchomym (rys. 2b) zastosowanie połączenia centrującego (nazywanego również stabilnym), prowadzi do znacznego zmniejszenia sił bocznych P_Q , a tym samym zmniejszenie niebezpieczeństwa wykolejenia, a także zmniejszenie zużycia kół i szyn. Połączenie jest stabilne wówczas, kiedy spełniony jest warunek $b > s$.

Ważnym parametrem związanym z umieszczeniem sprzęgu w konstrukcji pojazdu kolejowego jest oś sprzęgania. Jej ściśle określone centralne położenie wzdłuż osi podłużnej pojazdu, wiąże się z odpowiednim zaprojektowaniem komory sprzęgowej w konstrukcji ostoi wagonu. Z uwagi na potrzeby ruchu międzynarodowego, położenie osi sprzęgania

względem główek szyn toru kolejowego jest znormalizowane. W nowych pojazdach, jak również w pojazdach zmodernizowanych, dostosowanych do sprzęgu samoczynnego, standardem jest odległość 1040 mm. Jest to związane m.in. z planowanym zastosowaniem europejskiego sprzęgu samoczynnego UIC do wszystkich pojazdów kolejowych [3].

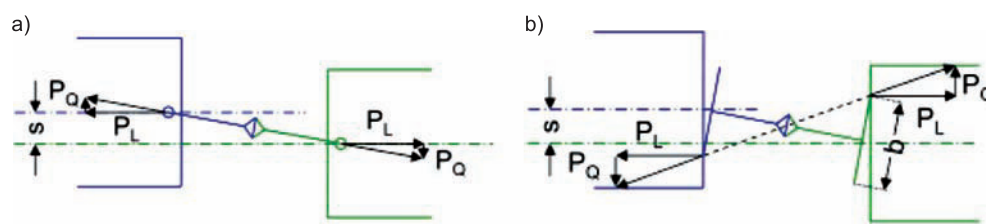
Do łączenia pojazdów wyposażonych w różne rodzaje sprzęgów stosuje się rozwiązania pośrednie, umożliwiające sformowanie składu pociągu. W tym zakresie istnieją trzy rozwiązania polegające na zastosowaniu:

- pojazdu pośredniego – najczęściej jest to wagon wyposażony na końcach w sprzęgi różnych typów,
- sprzęgu pośredniego – urządzenia montowanego między pojazdami, umożliwiającego połączenie z dwoma typami sprzęgów; takie połączenie z reguły nie ma pełnej wytrzymałości nawet słabszego sprzęgu i może być stosowane w sytuacjach awaryjnych,
- sprzęgu hybrydowego – rozwiązanie do tej pory rzadko stosowane; najnowsza wersja automatycznego sprzęgu cyfrowego dla pojazdów trakcyjnych jest takim sprzęgiem, ponieważ został w nim zabudowany sprzęg śrubowy, pozwalający na łączenie z hakiem sprzęgu śrubowego wagonu pozbawionego sprzęgu samoczynnego.

3. Rozwiązania techniczne sprzęgów samoczynnych

Próby wprowadzenia sprzęgów samoczynnych (nazywanych przez niektórych autorów także sprzęgami automatycznymi) są prawie tak stare jak kolej. Stąd też w stosunkowo długim czasie udoskonalano i adaptowano ich konstrukcje do pełnionych funkcji, dostosowanych do aktualnego poziomu techniki, możliwości technologicznych i materiałowych. Poszczególne rozwiązania konstrukcyjne sprzęgów samoczynnych można zestawzić w następujących grupach:

- Janney,
- Willson,
- Scharfenberg,
- inne rozwiązania:
 - Schwab,
 - BSI,
 - Wedgelock,
 - Shibata,
 - GF Fischer,
 - Tomlinson,
 - WABCO typu N.



Rys. 2. Rozkład sił w sprzęgach samoczynnych połączonych [13]:
a) ruchomo (niestabilnie),
b) nieruchomo (stabilnie)

Historia działań, które doprowadziły do opracowania i wyboru najnowszego rozwiązania europejskiego automatycznego sprzęgu cyfrowego, będzie opisana w II części artykułu. Stąd w zestawieniu pominięto konstrukcje, które pomimo badań stanowiskowych i prób eksploatacyjnych nie zostały wdrożone w taborze towarowym, lecz stanowiły element procesu tworzenia rozwiązania wspólnego dla kolei europejskich.

3.1. Sprzęg samoczynny typu Janney

W 1873 roku po raz pierwszy opatentowano półautomatyczną konstrukcję sprzęgu wagonowego, opracowaną przez Eli H. Janney (Patent USA 138405) [17]. Od nazwiska twórcy rozwiązania, konstrukcję wraz z zasadą działania nazwano jego nazwiskiem – Janney. Konstrukcja sprzęgu stała się podstawą wielu kolejnych modeli, które powstawały w Stanach Zjednoczonych. W 1875 roku było ponad 900 patentów na różne rozwiązania konstrukcji sprzęgów samoczynnych lub ich elementów. Do 1887 roku liczba patentów przekroczyła 4000, a do 1900 roku wydano około 8000 patentów [19]. Ogólna zasada działania każdego z tych rozwiązań była oparta na konstrukcji sprzęgu Janney (rys. 3).

W 1893 roku Kongres Stanów Zjednoczonych uchwalił ustawę o Urządzeniach Bezpieczeństwa (*Safety Appliance Act*). Kolejne jej nowelizacje nałożyły od 1898 roku obowiązek mechanicznego łączenia wagonów pociągów poruszających się po wielu liniach kolejowych. Zastosowanie sprzęgów samoczynnych w taborze kolejowym miało doprowadzić do wyeliminowania obecności pracownika kolejowego między wagonami podczas łączenia wagonów. Sukces w promowaniu bezpieczeństwa podczas łączenia wagonów był bardzo duży. W latach 1877–1887 około 38% wszystkich wypadków na kolei dotyczyło łączenia pojazdów. Odsetek ten spadł, gdy koleje zaczęły zastępować sprzęgi łącznikowe, sworzniowe i śrubowe sprzęgami samoczynnymi. Do 1902 roku, wypadki przy łączeniu wagonów stanowiły tylko 4% wszystkich nieszczęśliwych zdarzeń, pomimo że liczba pracowników kolei stale rosła, co było związane z rozwojem tej gałęzi transportu [2, 17].

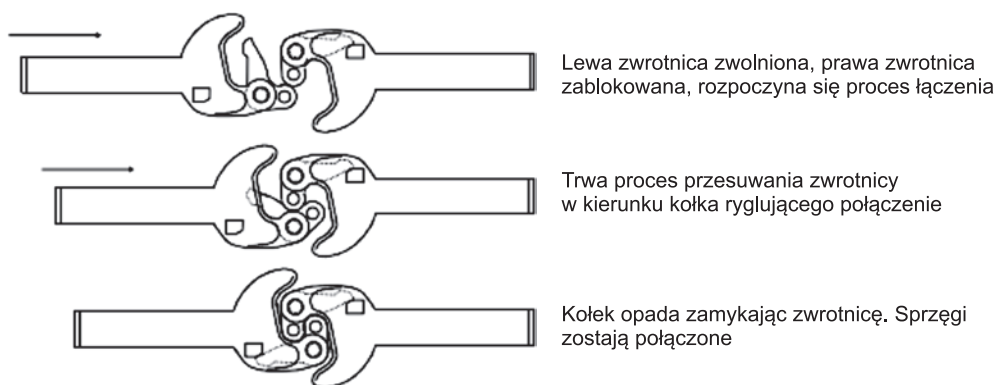
Kiedy zdecydowano, że sprzęg typu Janney będzie standardem północnoamerykańskim, istotnym utrudnieniem było zapewnienie w każdym z rozwiązań konstrukcyjnych pewnych wspólnych wymiarów i elementów, które umożliwiały łączenie jednego rozwiązania z innym [1]. Zewnętrzny kształt głowicy sprzęgu typu Janney był pierwszym elementem, który został znormalizowany przez MCB (*Master Car Builder*) w latach 80. XIX wieku. Wcześniej istniała chaotyczna różnorodność stale ewoluujących i zastrzeżonych zewnętrznych kształtów głowicy i konstrukcji elementów wewnętrznych. Historię sprzęgu typu Janney i jego działanie pokazuje film [69], a zmodyfikowane wersje tych rozwiązań oraz ich działanie film [68].

W 1893 roku producenci ujednoliciли kształt głowicy sprzęgu nazywając go MCB-5 (typ C). W 1915 roku ulepszony kontur sprzęgu oznaczono symbolem MCB-10 (typ D), a w 1932 roku zmodyfikowano kształt głowicy i oznaczono rozwiązanie jako AAR-10A (typ E). Kształty z lat 1893, 1915 i 1932 mają niewielkie różnice wymiarowe, wpływające na wzrost trwałości, przy zachowaniu kompatybilności rozwiązań z poszczególnych lat.

Sprzęgi typu Janney, będące obecnie w eksploatacji na kontynencie północnoamerykańskim, nadal mają kształt z 1932 roku, chociaż w kolejnych latach poprawiono tolerancje poszczególnych części oraz podniesiono jakość stosowanych materiałów i techniki obróbki, co skutkowało znacznym zmniejszeniem luzu występującego po połączeniu głowic [17]. Tym samym zwiększono trwałość stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych.

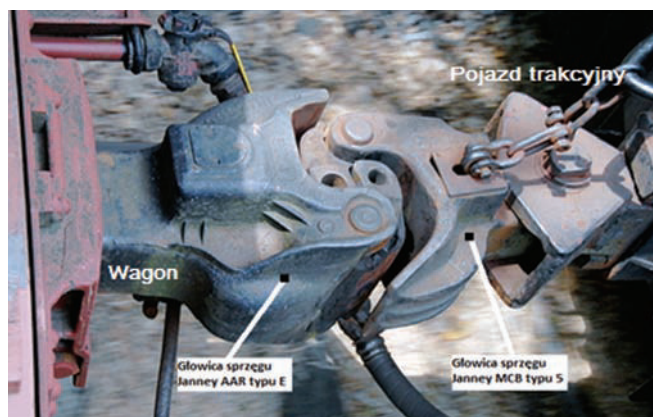
Od 1916 r. sprzęg mechaniczny MCB, stał się obowiązkowy w Stanach Zjednoczonych, Meksyku i Kanadzie. Od tego czasu zaczęła się jego niepodzielna dominacja w tych państwach. W 1934 roku sprzęg MCB został przemianowany na AAR (od nazwy Stowarzyszenia Kolei Amerykańskich – AAR) [16, 21]. Sprzęgi tego typu są również znane pod nazwami: American, APT, ARA, knuckle lub central-buffer [17].

Na rysunku 4 pokazano głowicę sprzęgu Janney AAR typu E (po lewej), wprowadzonego w 1932 roku. Sprzęg został połączony z głowicą sprzęgu Janney MCB (po prawej),



Rys. 3. Zasada działania sprzęgu typu Janney [13, 18]

wprowadzonego zgodnie z przepisami ustawy o urządzeniach bezpieczeństwa z 1893 roku.



Rys. 4. Połączenie głowicy sprzęgu Janney AAR typu E z głowicą Janney MCB typu 5 [20]

Sprzęgi samoczynne typu Janney są zawsze praworęczne, tj. ich kształt – patrząc z góry – przypomina prawą rękę człowieka z palcami skierowanymi do środka dłoni („zaciśnięta dłoń”). Nowoczesne normy AAR wymagają, aby dźwignie służące do rozłączania sprzęgu w wagonach znajdowały się poniżej głowicy, natomiast w pojazdach trakcyjnych – ponad głowicą, co pokazano na rysunku 4. Sprzęgi typu Janney są zwykle sztywno połączone z ostoją pojazdu. Z tego względu w połączeniu dwóch sprzęgów występuje duży luz, co jest szczególnie istotne dla długiego taboru przemieszczającego się po dużych łukach toru, a także podczas wjazdu lub wyjazdu z łuku toru.

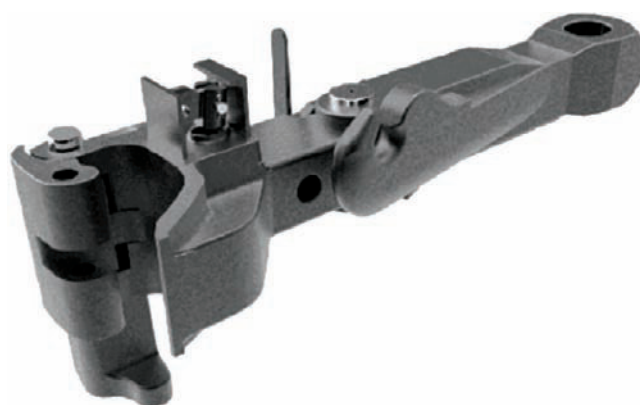
Od opracowania pierwszej konstrukcji sprzęgu samoczynnego typu Janney, rozwiązanie przechodziło wiele modyfikacji. Podstawowe modernizacje przeprowadzono w latach 1932 i 1953. Na rynku kolejowym znalazły zastosowanie rozwiązania Janney AAR typu E, E/F, typu F, typu H. W Wielkiej Brytanii kilka wersji sprzęgów typu Janney takich, jak: Alliance (rys. 5), Buckeye (rys. 6), SwingHead (rys. 7), instalowano w ograniczonej liczbie wagonów ze spojów trakcyjnych i lokomotyw.



Rys. 5. Sprzęg samoczynny typu Alliance [39]



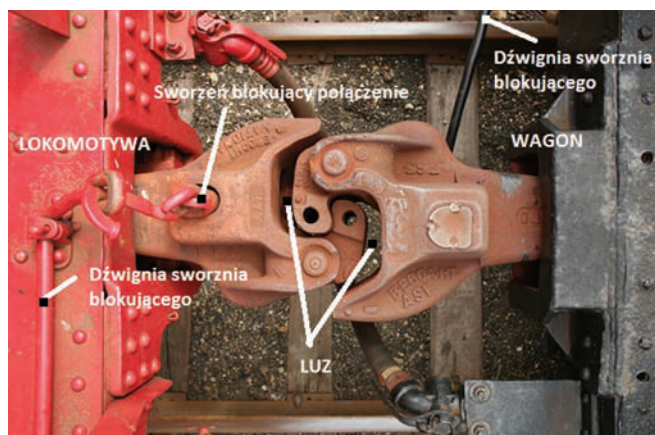
Rys. 6. Sprzęg samoczynny typu Buckeye (złożony, w celu połączenia sprzęgu śrubowego) stosowany w przeszłości w Wielkiej Brytanii [38]



Rys. 7. Sprzęg samoczynny typu SwingHead wraz z hakiem umożliwiającym połączenie ze sprzęgiem śrubowym [40]

Sprzęgi Janney AAR typu E, E/F

Sprzęgi Janney AAR typu E, E/F od 1932 roku są standardowymi złączami taboru towarowego na terenie Ameryki Północnej, Chin, Japonii, Australii, RPA, Brazylii oraz innych krajów. Jest to rozwiązanie, które sprzęga się samoczynnie, gdy jedna lub obie zwrotnice są otwarte, a wagony dopychane do siebie. Po uderzeniu, zwrotnica odchyła się do pozycji zamkniętej, a blokada opada na miejsce zabezpieczając połączenie, które nie jest szczelne. Połączenie jest odblokowywane ręcznie za pomocą dźwigni, która sięga od sprzęgu do boku wagonu. Zakres chwytności sprzęgu jest stosunkowo niewielki. Połączenie sprzęgów samoczynnych tego typu jest takie, że głowice mogą poruszać się w pionie względem siebie z luzem wzdłużnym około 20 mm. Dopuszczalna siła rozciągająca wynosi 1750 kN. Najcięższy pociąg z tego typu samoczynnym sprzęgiem miał masę brutto 32 000 ton [4]. Powietrzne przewody hamulcowe są łączone ręcznie. Współczesny sprzęg samoczynny Janney typu E pokazano na rysunku 8.

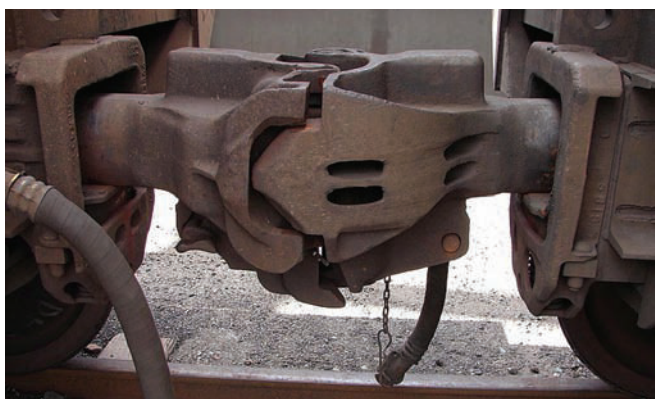


Rys. 8. Współczesny sprzęg Janney AAR typu E [34]

Sprzęg AAR typu F

Sprzęg AAR typu F (rys. 9) jest używany w Ameryce Północnej od 1954 roku głównie w cysternach przewożących ładunki niebezpieczne oraz w wagonach samowyładowczych przeznaczonych do przewozu masowych ładunków sypkich. Sprzęganie odbywa się automatycznie, natomiast rozłączanie połączenia wykonywane jest ręcznie. Powietrzne przewody hamulcowe również są łączone ręcznie. Typ F jest kompatybilny z typem AAR E. W przeciwieństwie do typu E, E/F sprzęg jest wyosiowany, tj. luz pionowy wynosi około 10 mm. Siła rozciągająca jest zwiększona w porównaniu do typu E, E/F i wynosi ponad 1750 kN [4].

W 2008 roku powstał prototyp w pełni automatycznego sprzęgu Janney typu F, opracowany i przetestowany przez firmę Sharma & Associates Inc. (USA). Blokowanie i rozłączanie połączenia odbywa się automatycznie. Powietrzne przewody hamulcowe również są łączone automatycznie, a w przypadku rozłączenia, szczelność zapewniają zawory odcinające.



Rys. 9. Sprzęg Janney AAR typ F [42]

Automatyczne rozłączanie może odbywać się za pomocą przycisku na wagonie lub przyciskiem sterującym z lokomotywy przez linię elektryczną lub drogą radiową. Pozostałe właściwości mechaniczne są analogiczne jak w sprzęgu AAR typu F w rozwiązaniu standardowym. Pomimo przeprowadzonych badań, to rozwiązanie nie zostało do tej pory praktycznie wykorzystane [4, 36, 37].

Sprzęg AAR typu H (Tightlock)

Sprzęg AAR typu H (Tightlock) od 1947 roku jest stosowany w Ameryce Północnej wyłącznie w pojazdach pasażerskich [22]. Zmodernizowaną wersję sprzęgu pokazano na rysunku 10. Działanie sprzęgu wyposażonego w element umożliwiający sprzęgnięcie ze sprzęgiem śrubowym pokazuje film [70]. Blokowanie połączenia w tym urządzeniu następuje automatycznie. Sprzęganie połączeń przewodów hamulcowych odbywa się ręcznie. Ingerencja pracownika kolei jest również niezbędna do rozłączenia sprzęgu.



Rys. 10. Zmodernizowany sprzęg typu Janney AAR typ H (Tightlock) stosowany na kolejach japońskich [35]

Istnieją w pełni automatyczne wersje tego sprzęgu wraz z łączeniem przewodów powietrznych i elektrycznych (np. konstrukcja BR 321 w Wielkiej Brytanii). Dopuszczalna siła rozciągająca wynosi 1750 kN [29]. Zmodernizowany sprzęg samoczynny Janney AAR jest obecnie używany w Kanadzie, Stanach Zjednoczonych, Meksyku, Japonii, Australii, Nowej Zelandii, RPA, Arabii Saudyjskiej, Kuby, Chile, Brazylii, Chinach, Korei Południowej i Północnej.

3.2. Sprzęg samoczynny typu Willisona

Kolejnym rozwiązaniem sprzęgu półautomatycznego jest urządzenie typu Willisona, które przenosi siły rozciągające i ściskające. Konstrukcja głowicy sprzęgu jest prostsza niż konstrukcja Janney. W tym rozwiązaniu przenoszenie siły pociągowej jest wykonywane bezpośrednio przez głowicę, a ruchome elementy blokady sprzęgu (mechanizm zatraskowy) przenoszą jedynie niewielką jej część.

Sprzęg samoczynny typu Willisona jest rozwiązaniem z 1916 roku, opracowanym w USA [8]. W tej konstrukcji, podobnie jak w sprzęgu typu Janney, występuje luz na stykających się i wzajemnie przesuwających powierzchniach sprzęgających. Powoduje to wysoki poziom tarcia, co przyspiesza zużycie stykających się powierzchni. Łączenie i rozłączanie przewodów hamulcowych i elektrycznych przeprowadzane jest ręcznie. Główne położenia głowic sprzęgu Willisona pokazano na rysunku 11.



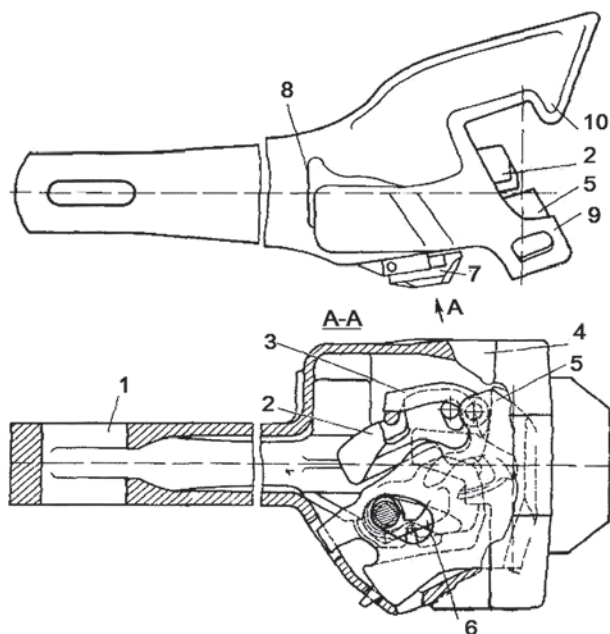
Rys. 11. Główne położenia głowic sprzęgu typu Willsona [13]

Konstrukcja sprzęgu samoczynnego typu Willsona posłużyła do opracowania wielu rozwiązań pokrewnych, z których na uwagę zasługuje rozwiązanie typu SA-3.

Sprzęg samoczynny SA-3

Sprzęg został opracowany w 1932 roku i oznaczony symbolem SA-3 (skrót od rosyjskiego *Советская автосцепка, 3-й вариант* – radziecki sprzęg automatyczny wariant 3). Był ulepszoną wersją sprzęgu typu Willisona, zwłaszcza w odniesieniu do konstrukcji i mechaniki zamka. Od 1935 roku, rozpoczęto stosowanie tego rodzaju sprzęgu w taborze eksploatowanym przez ZSRR, jednak II wojna światowa opóźniła jego pełne zastosowanie aż do 1957 roku.

Rosyjski sprzęg typu SA-3, pokazany na rysunku 12, działa na tych samych zasadach co sprzęg typu AAR, jednak oba rozwiązania nie są kompatybilne [13]. Wszystkie wagony produkowane obecnie w Rosji dla rozstawu szyn 1520 mm, są wyposażane w sprzęgi samoczynne. Sprzęgi służą do przenoszenia wzdłużnych sił rozciągających i ściskających. Łączenie głowic odbywa się samoczynnie, natomiast rozprzęganie przeprowadzane jest ręcznie. Konstrukcja sprzęgu uniemożliwia samoczynne łączenie powietrznych przewodów hamulcowych i innych. Sprzęg jest wykorzystywany zarówno w taborze pasażerskim, jak i towarowym. Łączenie sprzęgów, ich praca podczas jazdy i rozłączanie pokazano na filmie [71].



Rys. 12. Budowa sprzęgu samoczynnego typu SA-3 [41]

Sprzęg jest produkowany zgodnie z normą GOST 3475-62. Umieszcza się go tak, aby wysokość nad główką szyny dla wszystkich pojazdów wynosiła 1040–1080 mm. Do wstępnych obliczeń nowo projektowanych pojazdów kolejowych przyjmuje się wysokość 1060 mm [41].

Sprzęg samoczynny typu SA-3 składa się z korpusu (4) i części mechanizmu sprzęgła, tj. zamka (5), uchwyty zamka (2), bezpiecznika (3), podnośnika (6), rolki podnośnika (7). Głowica sprzęgu wchodzi w podłużny, wydrążony trzon, w którym znajduje się otwór (1) do umieszczenia klina łączącego sprzęg z zaciskiem ściągaającym. Głowka sprzęgu ma tzw. duże zęby (10) i małe zęby (9). W przestrzeni pomiędzy małym i dużym zębem znajduje się komora sprzęgająca, w której znajduje się zamek (5) i uchwyt zamka (2) [27, 31]. Duży ząb ma trzy żebra wzmacniające: górne, środkowe i dolne płynnie przechodzące w trzon. Głowica sprzęgu samoczynnego kończy się z tyłu ogranicznikiem (8) przeznaczonym do przeniesienia sił w przypadku niekorzystnego połączenia.

Szczegółowe informacje dotyczące zasady działania i roli poszczególnych elementów konstrukcyjnych są dostępne w opracowaniach [10, 41]. Sprzęg samoczynny typu SA-3 między pojazdami kolejowymi pokazano na rysunku 13.



Rys. 13. Sprzęg samoczynny typu SB-3 [33]

Rozwiązania automatyzacji sprzęgu samoczynnego typu Willsona

Prace nad rozwojem konstrukcji sprzęgów samoczynnych oraz ich automatyzacji prowadzono w Europie Zachodniej przez wiele lat przy czynnej koordynacji UIC. W Europie Wschodniej natomiast, prace w tym zakresie były prowadzone od połowy lat 70. ubiegłego stulecia przez OSŽD. Wszystkie rozwiązania miały być kompatybilne. W wyniku początkowo odrębnych, a potem wspólnie prowadzonych prac, opracowano konstrukcje typu: Unicupler Ak69e, Intermat, Transpact C-Akv. Będą one omówione w II części artykułu.

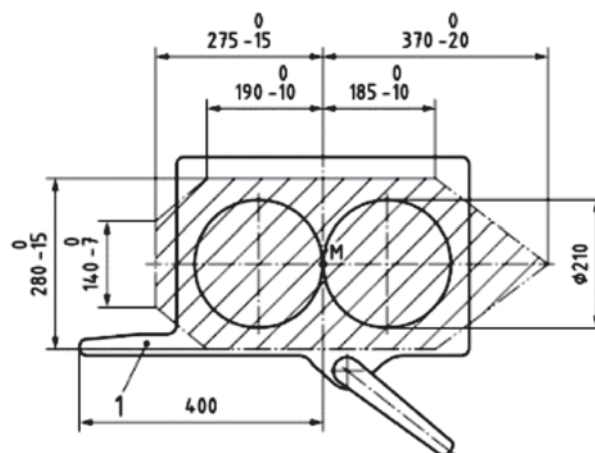
3.3. Sprzęg samoczynny Scharfenberga

Sprzęg samoczynny Scharfenberga (w literaturze nazywany także Schaku) jest rozwiązaniem sprzęgu sztywnego, który z powodu niewielkiej wytrzymałości, nie przekraczającej 1000 Mg, znalazł zastosowanie przede wszystkim do łączenia lekkich pojazdów pasażerskich, takich jak: autobusy szynowe, wagony motorowe, elektryczne lub spalinowe zespoły trakcyjne, wagony metra i tramwaje. Podstawowa konstrukcja tego typu sprzęgu samoczynnego była opracowana w latach 1904–1907 przez Karla Scharfenberga w fabryce wagonów L. Steinfurt AG w Królewcu (obecny Kaliningrad). W 1925 roku sprzęg był stosowany przez koleje S-Bahn Berlin i Hamburger Hochbahn. Od tego czasu jest używany w pojazdach pasażerskich w wielu krajach na całym świecie.

W 2002 roku dla sprzęgu Scharfenberga wprowadzono normę EN 16019 [11]. Rozwiązanie sprzęgu Scharfenberga typu 10, zostało włączone do technicznej specyfikacji interoperacyjności Tabor (TSI Tabor), dla pociągów dużych prędkości w Europie i znormalizowane zgodnie z przytoczoną normą.

Głowica sprzęgu ma kształt płaskiej płyty z wystającym elementem zbliżonym do naciętego stożka (rzadziej – do piramidy), zawierającym zaczep (ucho) i otworu na przyjęcie stożka sprzęgu dołączanego. Takie rozwiązanie ma na celu współosiowe naprowadzenie głowic i ich połączenie. Przy łączeniu, które odbywa się z małą prędkością na jazdu, wynoszącą mniej niż 3 km/h i po dociśnięciu głowic, zaczepy obu sprzęgów zahaczają się, przez co mechanizm zamka zostaje zaryglowany. Mechanizm zatraskowy tego sprzęgu jest jednym z najciekawszych rozwiązań, ponieważ ogranicza luz wzdłużny do niezbędnego minimum. Dzięki temu w głowicy sprzęgu można umieścić złącza powietrznych przewodów hamulcowych i innych. Konstrukcja sprzęgu ma wiele elementów o złożonym układzie geometrycznym. Zmniejszony luz wzdłużny jest także korzystny dla dynamiki i zmniejsza zużycie połączonych elementów. Zużycie

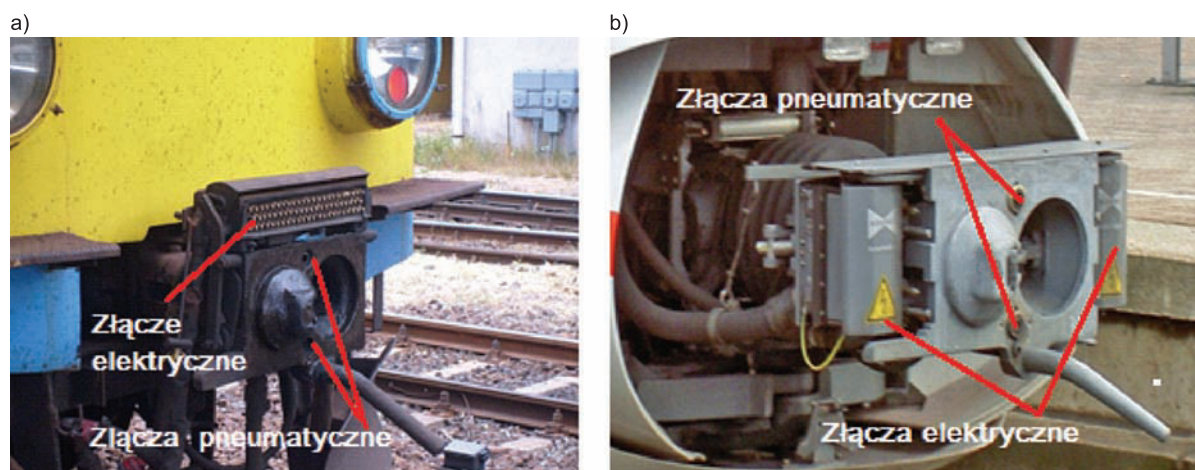
mechanizmu zatraskowego nie wpływa bezpośrednio na luz wzdłużny, ponieważ zawsze występuje napięcie wstępne sprężyny, które łagodzi ten efekt [3, 37, 43, 44]. Do odryglowania połączenia używane jest sprężone powietrze. Widok powierzchni chwytania pokazano na rysunku 14.



Rys. 14. Powierzchnia chwytania sprzęgu samoczynnego Scharfenberga typu 10 według normy EN 16019:2014 [5]

Sprzęg samoczynny Scharfenberga wraz z dodatkowym osprzętem umożliwia automatyczne połączenie powietrznych przewodów hamulcowych, przewodów elektrycznych oraz jest w stanie automatycznie je rozłączyć. Dotychczasowe normy nie określają standardu umieszczenia tych złączy względem główek szyn. Złącza pneumatyczne są z reguły umieszczane na płycie głównej. Połączenia elektryczne i transmisji danych znajdują się na zewnątrz płyty. Mogą być umieszczane symetrycznie na bokach płyty głównej lub ponad nią. Oba rozwiązania pokazano na rysunku 15. Moment łączenia sprzęgów został pokazany na filmie [64].

W konstrukcjach stosowanych w Polsce, listwa łączeniowa połączenia elektrycznego znajduje się nad płytą główną sprzęgu (rys. 15a), natomiast w rozwiązaniach niemieckich, można spotkać dwie krótkie listwy, znajdujące się na

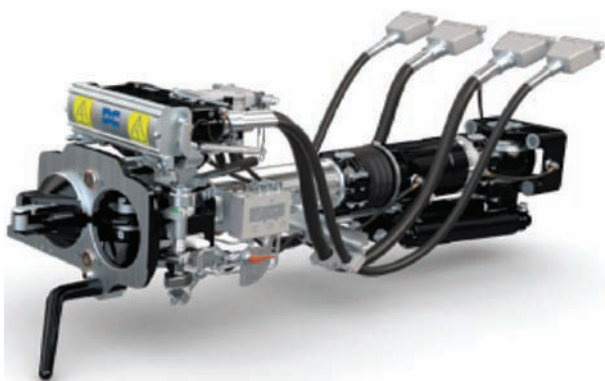


Rys. 15. Sprzęg Scharfenberga: a) na kolejach polskich [23], b) na kolejach niemieckich [24]

bokach płyty głównej sprzęgu (rys. 15b). Więcej informacji z zakresu budowy i działania sprzęgu Scharfenberga znajduje się we wspomnianej normie [11].

Zasadę działania sprzęgu samoczynnego Scharfenberga i jego budowę można również obejrzeć na filmie [72].

Wspomniane rozwiązanie sprzęgu typu 10, pokazano na rysunku 16. Jest to obecnie standard sprzęgu, wykorzystywany w pociągach dużych prędkości (niemiecki ICE, francuski TGV, hiszpański AVE) oraz w całym taborze realizującym przewozy wahadłowe w tunelu pod kanałem La Manche.



Rys. 16. Przykład sprzęgu samoczynnego Scharfenberga typu 10 [48]

W Ameryce Północnej rozwiązanie zastosowano w pociągach metra w Montrealu w Kanadzie, w systemach lekkiej kolei w Denver, Baltimore i New Jersey. Jest również wykorzystywany w lekkich pojazdach szynowych w Portland, Minneapolis, Vancouver i Toronto.

Producenci tego typu sprzęgu samoczynnego oferują obecnie różne rozwiązania uzależnione od warunków pracy i rodzaju taboru przewozowego. Firma Voith np. oferuje następujące typy sprzęgów Scharfenberga:

- typ 10 – stosowany w pociągach podmiejskich i pociągach kolei dużych prędkości,
- typ 35 – przeznaczony do taboru bez systemu sprężonego powietrza i używany do zastosowań w transporcie miejskim,
- typ 55 – zaprojektowany specjalnie do pojazdów małowych,
- typ 140 – przeznaczony do pojazdów kolei przemysłowych,
- typ 330 – wykorzystywany w pojazdach tramwajowych i pociągach lekkiego transportu kolejowego,
- typ 430/530 – będący sprzęgiem składanym, przeznaczonym dla tramwajów niskopodłogowych i kolejek jednoszynowych,
- CargoFlex – do pociągów towarowych, na bazie głowicy sprzęgu Scharfenberg typu 10,
- CargoFlex Hybrid – do lokomotyw, na bazie sprzęgu Scharfenberg typu 10, który można stosować zarówno ze sprzęgiem automatycznym, jak i śrubowym.

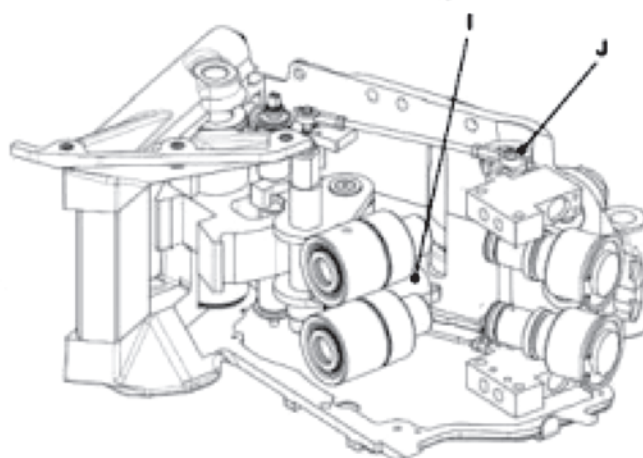
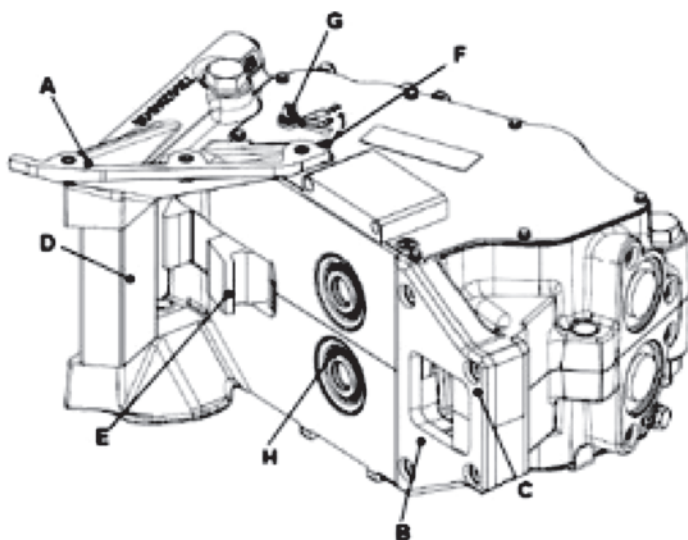
3.4. Pozostałe rozwiązania

Wśród innych rozwiązań sprzęgów samoczynnych na uwagę zasługują rozwiązania typu: Schwab, BSI, Wedglock, GF Fischer i Tomlinson.

Sprzęg samoczynny typu Schwab

Sprzęg, opracowany przez szwajcarską firmę Schwab Verkehrstechnik AG, wdrożono na kolejach szwajcarskich (SBB, BLS). Na rysunku 17 pokazano głowicę sprzęgu samoczynnego rozwiązania typu Schwab zarówno w widoku zewnętrznym, jak i widok wnętrza sprzęgu.

To rozwiązanie opiera się na pochyłej powierzchni, w której dwa zatrzaski zaczepiają się o siebie. Zatrzask składa się z dźwigni, która promieniowo sprzęga się z wystającym ramię sąsiedniego sprzęgu. Pokazana wersja, to



Rys. 17. Podstawowe elementy składowe sprzęgu samoczynnego typu Schwab [5], gdzie: A – łopatką centrującą, B – powierzchnia sprzęgania (uderzenia), C – kołnierz, D – szczeka, E – zatrzask, F – dźwignia zabezpieczająca, G – dźwignia krzywkowa, H – sprzęg pneumatyczny, I – silnik odblokowujący, J – przekładnia/tarcza uruchamiająca

sprzeg Schwab DAK typu 5 w wersji SPV z dodatkowym silnikiem odblokowującym (oznaczenie „I” na rysunku 17), który umożliwia automatyczne rozłączenie dwóch sprzęgów.

Centrowanie wysokości uzyskuje się za pomocą łopatki kierującej (A) i powierzchni uderzenia (B). Poziome centrowanie odbywa się dzięki pochylonym powierzchniom czołowym głowicy sprzęgającej. Głowice sprzęgu przesuwają się względem siebie tak, że kołnierze (C) dzięki szczękom (D) przesuwają się do zatrzasków (E). Układ geometryczny części styku głowicy z drugim sprzęgiem, umożliwia dobre wyrównanie w pionie i w poziomie za pomocą specjalnie wykonanych łączonych powierzchni.

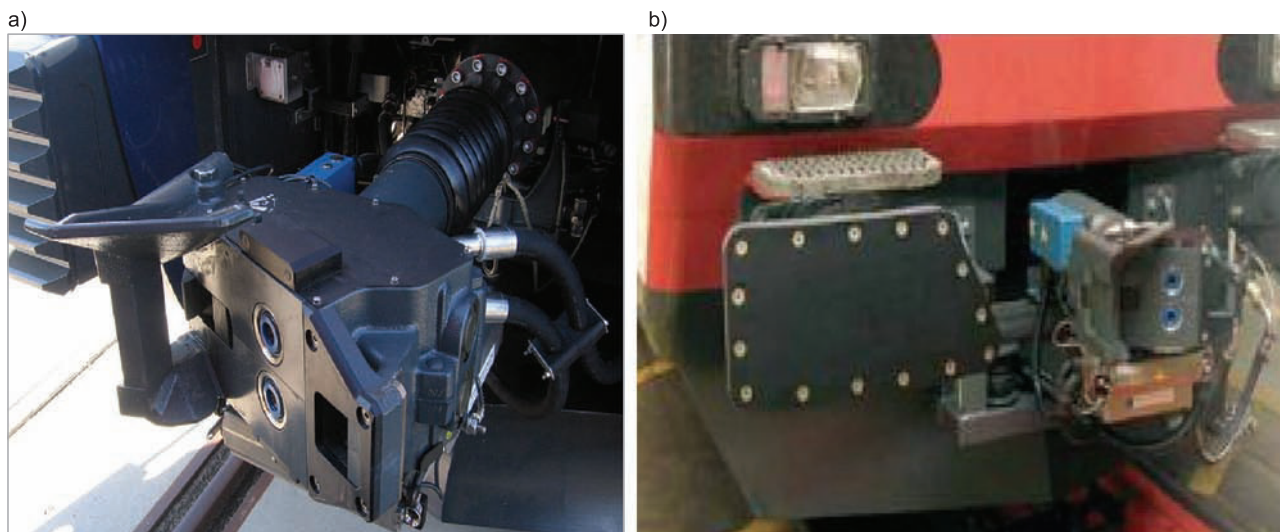
Podczas łączenia, kołnierze naciskają na zatrzaski obu sprzęgów, które zazębiają się we wgłębieniach powierzchni oporowych. W wyniku zadziałania obu zatrzasków sprzęgów, połączenie jest zablokowane. Mechanizm blokujący sprzęgu jest całkowicie schowany wewnątrz obudowy głowicy sprzęgającej. Dźwignia rolki (F) wewnątrz głowicy, zabezpiecza połączenie. Dźwignia krzywkowa (G) zabezpiecza dźwignię rolkową, a także steruje sprzęgiem

pneumatycznym (H). Dźwignia krzywkowa może być napędzana silnikiem odblokowującym (I) lub może być obsługiwana ręcznie. Do centrowania złączy podczas procesu łączenia wykorzystane jest zjawisko ślizgania się powierzchni czołowych, dlatego należy je często smarować. Po około sześciu miesiącach eksploatacji części te powinny być wymieniane. Sprzeg samoczynny typu Schwab dla taboru bez zderzaków i ze zderzakami pokazano na rysunku 18.

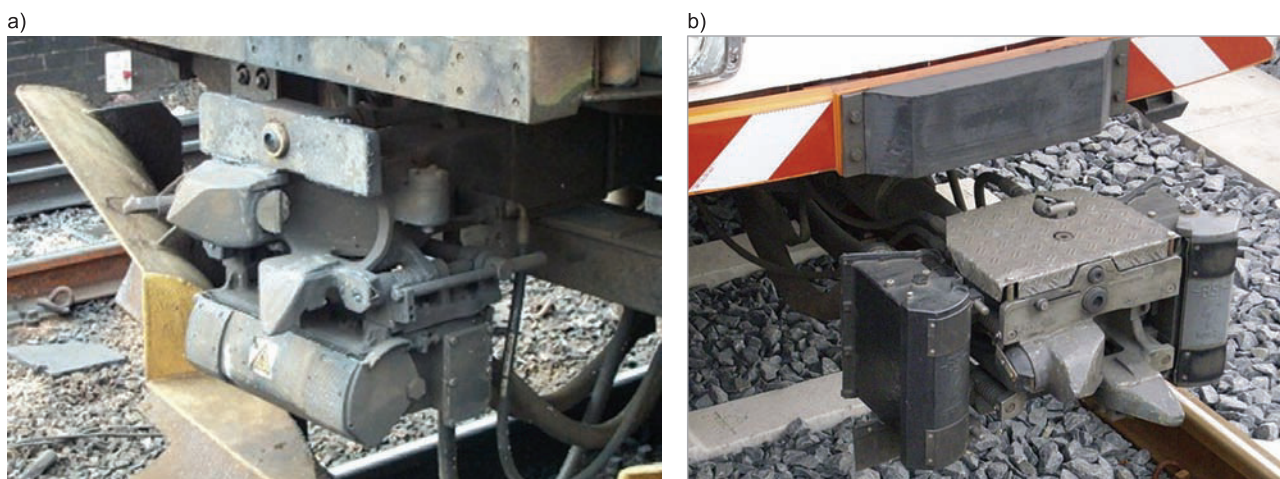
Ten rodzaj sprzęgu jest w stanie przenieść siły rozciągające od 600 do 1000 kN, a przy ściskaniu od 900 kN do 1500 kN. Rozprężanie jest możliwe przy sile rozciągającej do 300 kN. Sprzeg umożliwia również automatyczne łączenie dwu złączy pneumatycznych, a także złączy elektrycznych. Za pomocą specjalnej nakładki, sprzęg można łatwo dostosować do sprzęgania ze sprzęgiem śrubowym.

Sprzeg samoczynny typu BSI

Sprzeg samoczynny typu BSI jest rozwiązaniem opracowanym w latach 50. XX wieku przez firmę Bergische Stahl Industrie (obecnie Faiveley Transport). Sprzeg pokazano na rysunku 19.



Rys. 18. Sprzeg samoczynny typu Schwab: a) tabor pasażerski bez zderzaków [45], b) tabor pasażerski ze zderzakami [46]



Rys. 19. Sprzeg BSI: a) stosowany na kolejach brytyjskich [26], b) używany w pojazdach tramwajowych w niemieckim Bielefeld [27]

Sprzęg tego typu wykorzystuje rozwiązanie z zamkniętą głowicą wyposażoną w parę zębów, które sprzęgają się jeden z drugim. Po połączeniu zęby ograniczają przemieszczenia pionowe i poprzeczne oraz zapewniają sztywne połączenie głowic. Rozwiązanie jest często stosowaną techniką wyrównywania połączenia dwóch sprzęgów, która umożliwia dobre i sztywne połączenie przy ograniczeniu do minimum złożoności mechanizmu w głowicy sprzęgu. Wadą tego sprzęgu jest luz poprzeczny, większy niż w sprzęgu Scharfenberga, w którym wykorzystano regulację średnicy, aby uzyskać bardziej sztywną i ciasną metodę wyrównania połączenia. Podobnie jak w sprzęgu Scharfenberga, w sprzęgu BSI istnieje możliwość różnego umieszczania listew zasilania energetycznego (z boku, z dołu lub z góry).

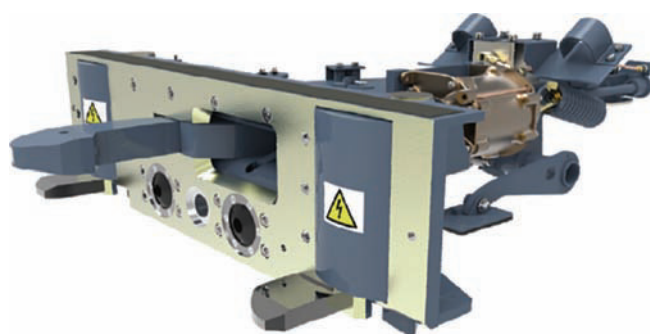
Maksymalna siła rozciągająca wynosi 1500 kN, a ściskająca 2000 kN. Te wielkości umożliwiają zastosowanie tego sprzęgu także do wagonów towarowych. Sprzęgi są jednak częściej stosowane w pojazdach pasażerskich, z powodu małego luzu poprzecznego, gwarantującego spokojność jazdy, a także możliwość łączenia przewodów pneumatycznych i elektrycznych. Złącza pneumatyczne są umieszczone w konstrukcji głowicy, natomiast złącza elektryczne są montowane w zewnętrznych uchwytach, przymocowanych do głowicy sprzęgu. Rozwiązanie jest wykorzystywane do łączenia lekkich spalinowych lub elektrycznych zespołów trakcyjnych na kolejach duńskich, brytyjskich i tramwajów w niemieckim mieście Bielefeld.

Sprzęg samoczynny typu Wedgelock

Sprzęg samoczynny typu Wedgelock, to standardowe rozwiązanie w pociągach metra kursujących w Wielkiej Brytanii. Rozwiązanie i działanie mechanizmu zatrasku jest podobne jak w sprzęgach BSI i Tomlinsona. Widok sprzęgu starszej konstrukcji pokazano na rysunku 20.

Starsze konstrukcje sprzęgu mają korpus składający się z dwóch pionowych, stalowych płyt, z których dolna jest przykręcona do korpusu głowicy, a druga ponad nią. W centralnej części płyty znajduje się wystający trzpień hakowy obok otworu kieszeni, w który podczas łączenia wchodzi

trzpień hakowy drugiego sprzęgu. Trzpień jest spłaszczony na końcowej części i odpowiednio ukształtowany w taki sposób, aby podczas łączenia z drugim trzpieniem mógł stanowić trwałe połączenie. Trzpień hakowy może swobodnie odchyłać się o około 5 stopni. Po zetknięciu się przeciwległych płyt czołowych, łączy się przewody pneumatyczne, a uciekaniu powietrza na złączu zapobiegają gumowe podkładki. Połączenia elektryczne są umieszczone w dwóch listwach zaciskowych zamontowanych po obu stronach głowki sprzęgu. Połączenia są realizowane przez sprężynowe styki doczołowe przewidziane dla każdego obwodu. Łącznik uniwersalny może mieć do 64 połączeń elektrycznych. Sprzęg najnowszej wersji pokazano na rysunku 21.

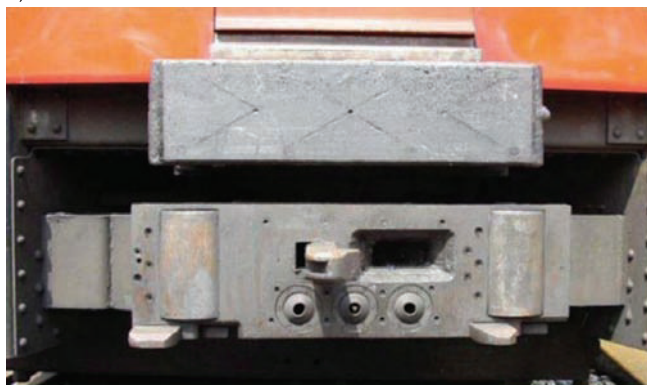


Rys. 21. Nowoczesny sprzęg samoczynny typu Wedgelock [47]

Rozłączanie sprzęgu odbywa się pneumatycznie przez wyciągnięcie klinów blokujących sprzęgnięte haki i rozsuniecie pojazdów. Sterowanie procesem rozłączania może odbywać się z kabiny maszynisty lub za pomocą specjalnych przycisków znajdujących się na wagonie w pobliżu sprzęgu. W przypadku utraty powietrza w instalacji, kliny można rozsunąć ręcznie, aby umożliwić rozłączenie pojazdów [3, 32, 37].

Sprzęg samoczynny typu Wedgelock używany w londyńskim metrze, ma tę samą konstrukcję, jaka pojawiła się po raz pierwszy w 1936 roku. Jest jednak systematycznie doskonalony w zakresie sprawności działania poszczególnych elementów i przedłużania ich trwałości.

a)



b)



Rys. 20. Sprzęg Wedgelock [32]: a) widok głowicy, b) łączenie dwóch głowic pojazdów

Sprzęg samoczynny typu Tomlinsona

Sprzęg typu Tomlinsona, którego część mechaniczną pokazano na rysunku 22, został opracowany przez firmę Ohio Brass Company w USA. Głównym elementem sprzęgu jest hak o przekroju kwadratowym, zakończony ostrosłupem ułatwiającym naprowadzanie łączonych głowic. Drugim istotnym elementem jest prostokątna płyta z otworem w centralnym położeniu, umożliwiającym wejście haka drugiego sprzęgu. Po prawej stronie płyty znajdują się dwa otwory, a po lewej dwa trzpienie centrujące. Elementy te umożliwiają sztywne połączenie dwóch sprzęgów. Ponad hakiem i pod nim znajdują się końcówki przewodów hamulcowych, natomiast pod płytą sprzęgu jest listwa ze złączami elektroenergetycznymi. Sprzęgi tego typu są wykorzystywane na kolejach amerykańskich w taborze pasażerskim, a także w wagonach metra m.in. w Waszyngtonie, Nowym Jorku, Los Angeles, Massachusetts, Baltimore, Miami, a także w Tokio (rys. 23).



Rys. 22. Część mechaniczna sprzęgu samoczynnego Tomlinsona [49]

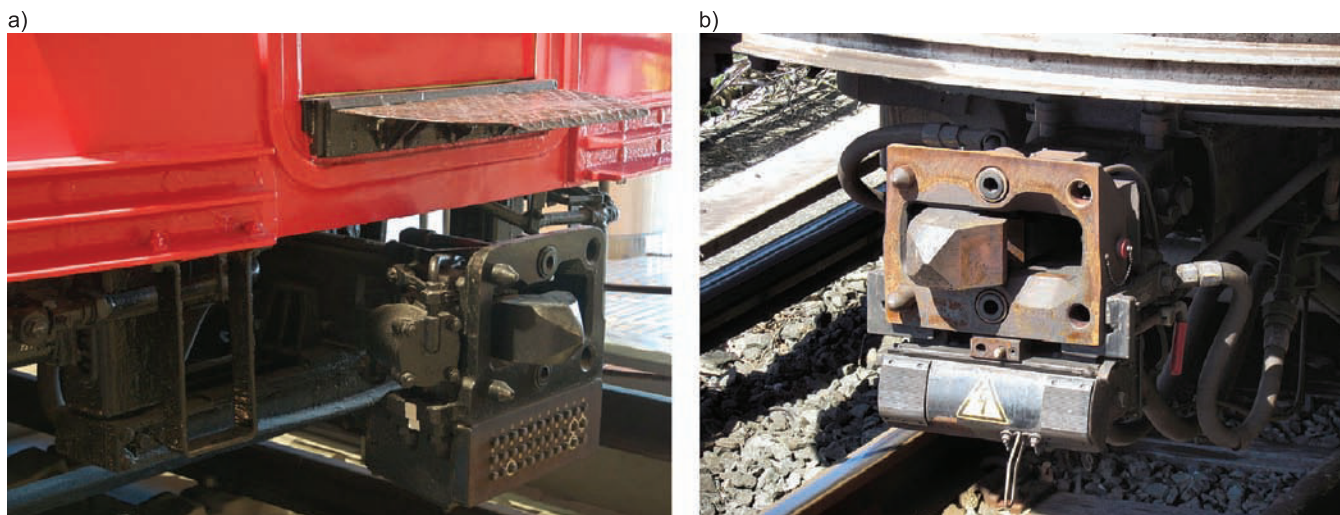
Sprzęg samoczynny typu Shibata

Sprzęg typu Shibata, był stosowany w Japonii już w latach trzydziestych ubiegłego stulecia, jest podstawową konstrukcją sprzęgu samoczynnego do użytkowania w pociągach wymagających połączeń elektrycznych. Jest większy od sprzęgu samoczynnego typu Thomlinsona. Został opracowany przez inżyniera Mamoru Shibatę, zawodowo związanego z Japońskimi Kolejami Rządowymi (JGR). Jest to standardowy typ sprzęgu dla wszystkich pociągów pasażerskich w Japonii, a także w pociągach podmiejskich (rys. 24). Sprzęg znalazł zastosowanie także w Korei Południowej w pociągach podmiejskich i metrze.

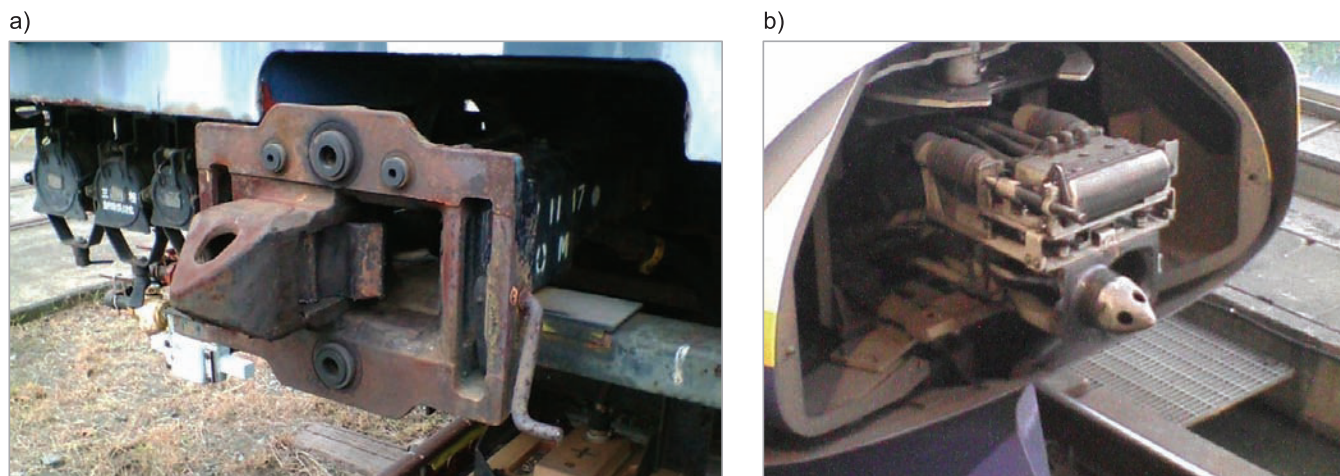
Zmodernizowany sprzęg typu Shibata zastosowano w pociągach dużych prędkości Shinkansen. Jego odmianę opracowała firma Sumitomo Metal Industries w latach 60. XX wieku. Zastosowano w niej rozwiązanie z obrotowymi kołkami zaciskowymi. Wizualnie, ta konstrukcja jest przypadkowo bardziej podobna do sprzęgu typu Scharfenberg niż sprzęgu typu Shibata. Więcej informacji na temat sprzęgu Shibata można uzyskać na filmach [66] oraz [73].

Sprzęg samoczynny typu GF Fischer

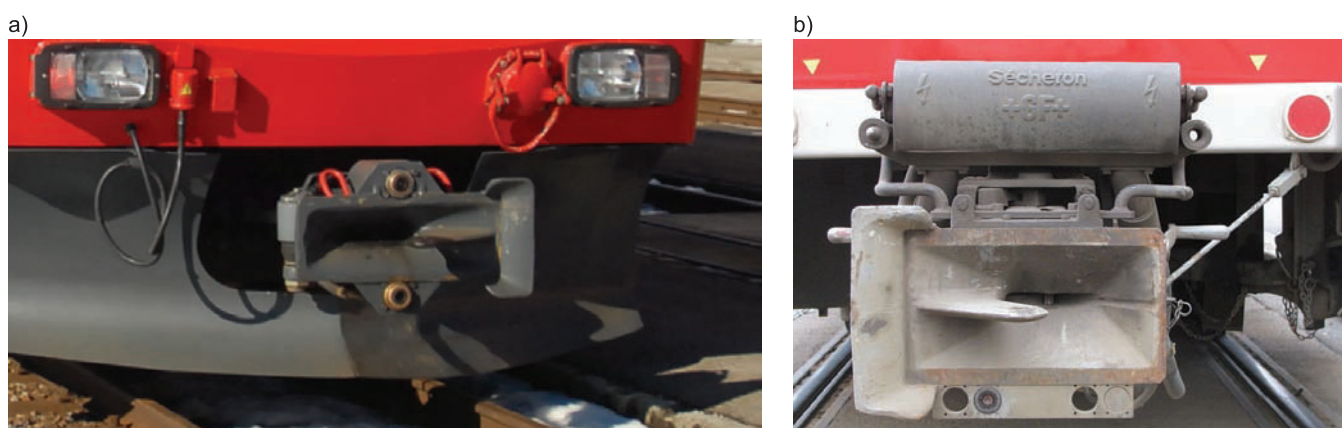
W sprzęgu typu GF Fischer układ geometryczny głowicy zewnętrznej jest bardzo podobny do rozwiązań stosowanych w sprzęgach typów BSI i Tomlinson. Mechanizm zatraskowy sprzęgu oparto na specjalnym rozwiązaniu nurnika, który działa jak element zatraskowy (rys. 25). Rozłączanie sprzęgów odbywa się za pomocą obracania specjalnej krzywki.



Rys. 23. Sprzęg typu Tomlinsona: a) metro w Tokio [28], b) metro w Nowym Jorku [29]



Rys. 24. Sprzęg Shibata: a) pociągi podmiejskie na kolejach japońskich [25], b) Shinkansen serii E4 (E4T złożony na całej długości z wagonów piętrowych) [30]



Rys. 25. Sprzęg samoczynny typu GF Fischer: a) w taborze szwajcarskiej firmy kolejowej w kantonie Jura (GF typu N) [50], b) w taborze tramwajowym w Pradze (GF typu T) [51]

Sprzęgi samoczynne typu GF Fischer są oferowane w trzech wersjach:

- sprzęgi GFV do składów pociągów pasażerskich, wykorzystywane na kolejach SBB, VR i NMBS,
- sprzęgi GFN do wagonów wąskotorowych, stosowane m.in. w pociągach pasażerskich w Szwajcarii,
- sprzęg GFT m.in. do pociągów tramwajowych i metra.

Produkcja sprzęgów samoczynnych typu GF była kontynuowana przez firmę Schwab Verkehrstechnik AG.

Sprzęg samoczynny WABCO typu N

Sprzęg typu WABCO (Westinghouse Air Brake Company) został opracowany w Stanach Zjednoczonych na początku lat 60. ubiegłego stulecia (rys. 26).



Rys. 26. Sprzęg samoczynny WABCO typ N-2 [31]

Sprzęg powstał z myślą zastosowania go w prototypowym systemie transportowym Skybus w Pittsburgu. Pomimo niepowodzenia systemu, konstrukcja sprzęgu była systematycznie rozwijana i była zastosowana w pojazdach szybkiego transportu „Airporter” na linii Cleveland Rapid Transit. Wersję sprzęgu oznaczoną N-2-A, w 1968 roku zastosowano także w pociągach z przechylnym nadwoziem. Był to pierwszy szybki pociąg z turbiną gazową, wyprodukowany przez firmę United Aircraft. Pociągi tego typu były eksploatowane w Kanadzie w latach 1968–1982 oraz przez Amtrak w Stanach Zjednoczonych w latach 1968–1979, który definitywnie wycofał je z eksploatacji w 1980 roku [52].

Począwszy od lat 70. XX w. sprzęg samoczynny N-2-A był instalowany w całej rodzinie pociągów podmiejskich typu MU SEPTA Silverliner w rejonie Filadelfii, a także w wagonach metra. W tym rejonie USA jest on stosowany także obecnie [52].

Sprzęg WABCO typu N jest czasami określany jako sprzęg kołkowy lub kielichowy [52]. Działanie sprzęgu pokazano na filmie [67].

4. Rozwiązania ułatwiające pracę manewrową taboru kolejowego wyposażonego w sprzęg śrubowy

Kierując się zwiększeniem bezpieczeństwa podczas czynności rozłączania lub łączenia sprzęgu śrubowego pojazdu trakcyjnego z taborem przewoźowym w czasie wykonywania manewrów, opracowano interesujące rozwiązania mechanizacji tych czynności. W eksploatacji znalazły się konstrukcje najprostsze i najtańsze w realizacji. Przykładem mogą być urządzenia skonstruowane w Niemczech, a także w Polsce.

W czasie prac manewrowych związanych z taborem towarowym, nie zawsze zachodzi konieczność łączenia przewodów pneumatycznych hamulca zespolonego. Jeżeli przewoźnik dopuścił taką możliwość w instrukcji dotyczącej techniki pracy manewrowej, wówczas musi być ona obwarowana określonymi warunkami określającymi zasady przetaczania taboru. W takim przypadku funkcje hamowania przejmuje pojazd trakcyjny. Oprócz jednoznacznego określenia parametrów pojazdu trakcyjnego, wspomniana instrukcja określa dopuszczalne pochylenie toru, liczbę przetaczanych wagonów oraz dopuszczalną prędkość.

Sprzęg manewrowy jest specjalnym automatycznym urządzeniem, którym może sterować maszynista. Jest on często montowany w lokomotywach manewrowych pracujących na dużych węzłach kolei niemieckich, austriackich lub szwedzkich. W przypadku konwencjonalnych sprzęgów śrubowych nie jest konieczne ręczne sprzęganie lokomotywy manewrowej z wagonami. Sprzęg manewrowy może automatycznie chwycić hak sprzęgu śrubowego wagonu i ponownie go zwolnić. To rozwiązanie jest szczególnie istotne w przypadkach krótkich postojów, (np. pociągów pasażerskich na stacjach pośrednich, kiedy

są dołączane lub odłączane grupy wagonów, które należy szybko usunąć z torów przy peronach).

4.1. Automatyczny sprzęg manewrowy RK 900

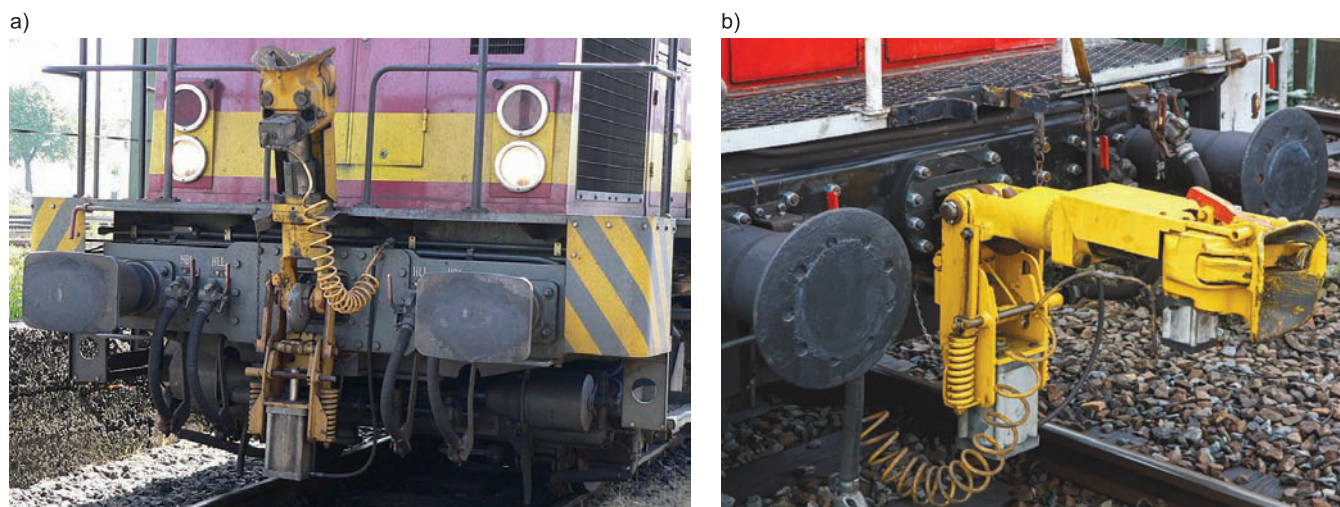
Automatyczny sprzęg manewrowy RK 900, to specjalne urządzenie powszechnie montowane w lokomotywach manewrowych w Niemczech. To rozwiązanie można natrafić w Austrii, Szwecji, Szwajcarii i Francji, gdzie jest wykorzystywane zarówno w odniesieniu do manewrów z taboru towarowym, jak i pasażerskim. Dużym ułatwieniem wykonywania czynności rozłączania i łączenia pojazdu trakcyjnego z taborem jest możliwość sterowania sprzęgiem przez maszynistę.

Urządzenie zostało tak skonstruowane, że w położeniu roboczym sprzęg manewrowy może automatycznie chwycić hak sprzęgu śrubowego (połączenie lokomotywy z wagonem/grupą wagonów), a po odstawieniu wagonu automatycznie odczepić się od haka. Konstrukcja sprzęgu manewrowego nie pozwala na automatyczne podłączenie głównego przewodu pneumatycznego hamulca i połączeń elektrycznych. Jeżeli manewry wymagają podłączenia hamulca zespolonego, wówczas przewody pneumatyczne są łączone ręcznie. W przypadku spełnienia warunków dotyczących masy wagonów i warunków położenia torów, połączenie głównego przewodu hamulcowego może być pominięte. Przykłady praktycznego wykorzystania automatycznych sprzęgów manewrowych pokazano na filmach [59, 60, 61].

W Niemczech, pod koniec lat 80. XX w. wiele lokomotyw manewrowych klasy 333, 360/361 i 290/291 zmodernizowano i wyposażono w zdalne sterowanie radiowe oraz automatyczny sprzęg manewrowy RK 900. Zmodernizowane lokomotywy otrzymały nowe oznaczenia serii 335, 364/365 i 294/295. Przykład lokomotyw wyposażonych w to rozwiązanie pokazano na rysunku 27.

Z uwagi na wieloletnią eksploatację automatycznych sprzęgów manewrowych i ich bezawaryjną pracę, znalazły one zastosowanie także w różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych ciągników kolejowo-drogowych, wykorzystywanych do przemieszczania taboru kolejowego na terenie bocznic, wagonowni, lokomotywni, zakładów naprawczych i producentów taboru kolejowego, zastępując dotychczas stosowane np. przeciągarki linowe. Przykładem takich pojazdów może być:

- „E-MAXI XL Hybryda”, którego konstrukcja umożliwia przetaczanie taboru kolejowego o maksymalnej masie do 1000 ton. Pojazd znalazł zastosowanie do przetaczania pojazdów kolejowych w halach, na otwartej przestrzeni i w obrębie bocznic kolejowych, a także w obrębie myjni taboru i tokarni podtorowych (rys. 28).
- Dwukierunkowy pojazd manewrowy „TERBERG / ZAGRO Truck RR 282” z automatycznym sprzęgiem manewrowym RK 900 zaprezentowanym, w czerwcu 2019 roku w Monachium, na targach „Transport Logistic 2019”. Pojazd może sprawnie przetaczać pojazdy o łącznej masie 2800 ton (100 zestawów kołowych) na torach 1435 i 1668 mm.



Rys. 27. Automatyczny sprzęg manewrowy: a) położenie transportowe z możliwością ręcznego łączenia sprzęgu śrubowego [53], b) położenie robocze gotowe do samoczynnego połączenia pojazdu trakcyjnego z wagonem [54]



Rys. 28. Pojazd manewrowy szynowo-drogowy serii E-MAXI ze sprzęgiem RK 900 [55]



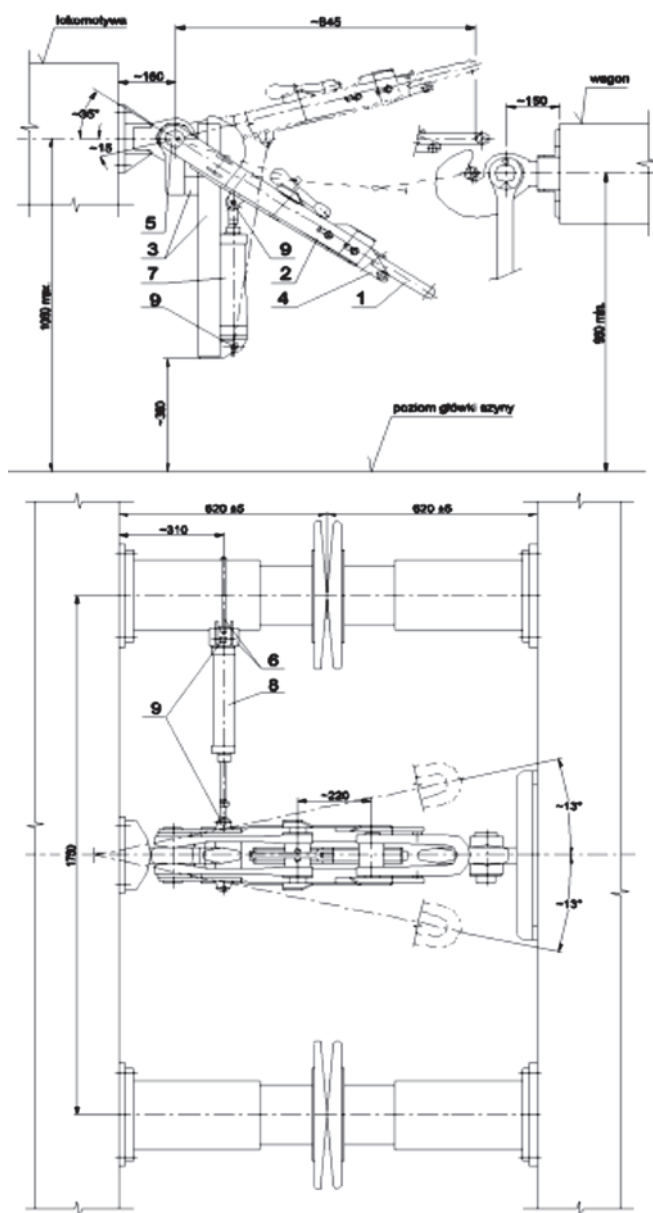
Rys. 29. Dwukierunkowy pojazd manewrowy „TERBERG / ZAGRO Truck RR 282” z automatycznym sprzęgiem manewrowym RK 900 [63]

Ciągniki mogą być wyposażone w tradycyjny sprzęg śrubowy, sprzęg RK 900 (rys. 29) lub jego zmodernizowane, uproszczone rozwiązanie, którego działanie na terminalu kontenerowym pokazano na filmie [62].

4.2. Zmechanizowany sprzęg śrubowy ZSŚ 2006 typu L650

Konstrukcja zmechanizowanego sprzęgu śrubowego ZSŚ-2006 typu L650 powstała w Polsce. Urządzenie jest

przeznaczone do automatycznego łączenia i rozłączania lokomotywy manewrowej z wagonem lub grupą wagonów towarowych podczas prac manewrowych, głównie na bocznicach kolejowych. Sprzęg można zastosować w każdej lokomotywie manewrowej, która została wyposażona w sprzęg śrubowy i zderzaki, np. w lokomotywach typu: 401 Da, 401 Da-R (z systemem zdalnego sterowania radiowego), 6D z różnymi odmianami, a w szczególności: 6Da, 6De i 6Dg (ze zdalnym sterowaniem) [56, 58]. Widok zmechanizowanego sprzęgu śrubowego pokazano na rysunku 30.



Rys. 30. Sprzęg ZSS-2006 zamontowany na lokomotywie typu 401Da [16]:

1) sprzęg śrubowy, 2) prowadnica, 3) wspornik, 4) podpora, 5) sworzni, 6) obejma, 7) siłownik pionowy, 8) siłownik poziomy, 9) przegub kulisty

Głównym elementem zmechanizowanego sprzęgu śrubowego ZSS-2006 typu L650, który przenosi siłę pociągową, jest znormalizowany sprzęg śrubowy (1). Łubki sprzęgu śrubowego zamontowane są za pomocą sworzni (5), w otwory haka ciągnącego pojazdu trakcyjnego. Na sworzniu (5), po stronach zewnętrznych łubków sprzęgu śrubowego, zamontowano wspornik (3), podparty walcowym trzpieniem o dno paszczy haka ciągnącego. Zewnętrznie do wspornika (3), na sworzniu (5), zamontowana jest przegubowo prowadnica (2), zakończona na swych końcach podporami (4). Pionowy siłownik pneumatyczny (7) zamontowany jest za pomocą przegubów kulistych (9) do wspornika (3)

oraz prowadnicy (2). Na jednym ze zderzaków lokomotywy znajduje się obejma (6), składająca się ze zwory i pałaka. Między obejmą a prowadnicą, zamontowany jest poziomy siłownik pneumatyczny (8) za pomocą przegubów kulistych (9). Sprzęg śrubowy (1) w stanie rozprężniętym spoczywa w prowadnicy (2), a jego pałak, wystający poza prowadnicę, opiera się na podporach (4). Konstrukcja, dzięki możliwości automatycznego przemieszczania prowadnicy oraz sprzęgu śrubowego w płaszczyznach pionowej i poziomej, a także dzięki możliwości przemieszczania sprzęgu wraz z pojazdem, umożliwia automatyzację łączenia i rozłączania lokomotywy z sąsiednim wagonem towarowym [14]. Opisane urządzenie znajduje się na sprzęgach śrubowych po obu stronach lokomotywy. Działanie sprzęgu można zobaczyć na filmie [65].

Urządzenie mechanizujące działanie zwykłego sprzęgu śrubowego, czyniąc tę operację bezpieczną, można zamontować na każdym pojeździe trakcyjnym przeznaczonym do prac manewrowych, wyposażonym w konwencjonalne urządzenia ciągnące i zderzakowe. Ze względu na rodzaj elektrycznego układu sterowania sprzęgiem są możliwe następujące rozwiązania jego zastosowania:

- 1) lokomotywa manewrowa sterowana tradycyjnie, obsługa sprzęgu za pomocą przycisków sterujących umieszczonych:
 - przy czołownicach lokomotywy; obsługa dwuosobowa – maszynista i manewrowy, łączność radiowa,
 - w kabinie maszynisty, obsługa jednoosobowa – tylko maszynista, czoła lokomotywy wyposażone w kamery przemysłowe,
 - w kabinie maszynisty oraz przycisków sterujących umieszczonych na pomostach lokomotywy; obsługa jednoosobowa – tylko maszynista, operacja łączenia obsługiwana z pomostów, rozłączanie z kabiny maszynisty;
- 2) lokomotywa sterowana zdalnie – sprzęg sterowany za pomocą przycisków sterujących, umieszczonych przy czołownicach lokomotywy oraz / lub za pomocą nadajnika zdalnego sterowania, obsługa jednoosobowa – operator [14].

Zastosowane rozwiązanie konstrukcyjne zawsze umożliwia przejście z trybu automatycznego do ręcznej obsługi sprzęgu śrubowego w konwencjonalnej formie. Sprzęg pokazano na rysunkach 31 i 32. Po wykonaniu prototypu sprzęgu i przeprowadzeniu wstępnych prób jego działania na bocznicy Huty Częstochowa, sprzęg poddano badaniom w Centrum Naukowo-Technicznym Kolejnictwa (obecnie Instytut Kolejnictwa) w Warszawie. Po próbach eksploatacyjnych uzyskał pozytywną opinię Zakładu Pojazdów Szynowych CNTK (IK). Na jej podstawie wydano świadectwo dopuszczenia do eksploatacji nr T/2008/0108/EL z 30.10.2008 roku [14], wydane przez Urząd Transportu Kolejowego, natomiast rozwiązanie zgłoszono do Urzędu Patentowego RP.



Rys. 31. Lokomotywa manewrowa 6Dg wyposażona w zmechanizowany sprzęg L650 [57]

5. Podsumowanie

Przegląd podstawowych rozwiązań sprzęgów samoczynnych na świecie pozwala stwierdzić, że na wszystkich kontynentach, gdzie rozwijano transport kolejowy, były prowadzone prace zmierzające do eliminowania zagrożeń związanych z ręcznym łączeniem taboru. Pokazano to na rysunku 33, z którego wynika, że najgorsza sytuacja pod tym względem ma miejsce na normalnotorowych liniach kontynentu europejskiego. Dotyczy to przede wszystkim taboru przewozowego transportu towarowego. W przypadku taboru wykorzystywanego do przewozów

pasażerskich, zarówno elektryczne, jak i spalinowe składy zespolone są wyposażane w różne rozwiązania sprzęgu Scharfenberga. Podobna sytuacja występuje w Afryce Północnej.

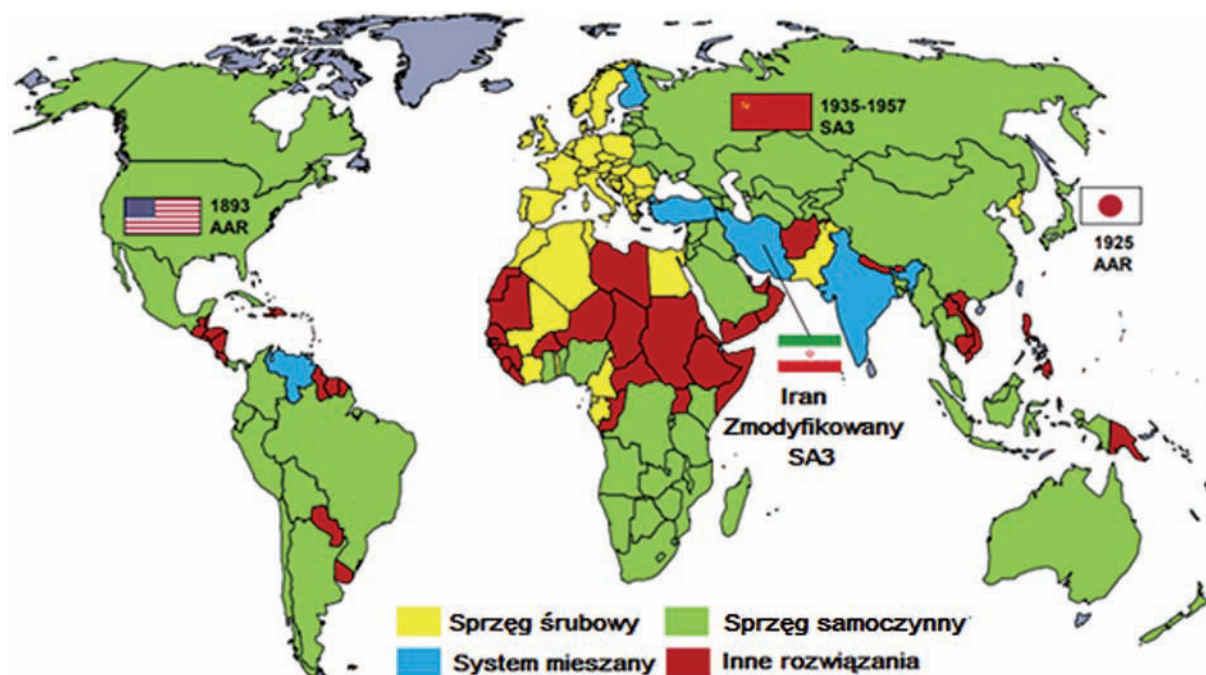
Weryfikacja rozwiązań konstrukcyjnych sprzęgów samoczynnych pozwala twierdzić, że poszczególne rozwiązania konstrukcyjne w zdecydowanej wielkości nie są ze sobą kompatybilne. Poziom automatyzacji poszczególnych rozwiązań jest różny. Zaprezentowane w artykule przykłady konstrukcji można zakwalifikować do następujących grup, zapewniających:

- mechaniczne sprzęganie pojazdów; podłączenia przewodów pneumatycznych i elektrycznych odbywa się ręcznie; rozprzęganie – ręczne;
- mechaniczne sprzęganie pojazdów z automatycznym podłączeniem przewodów hamulcowych i ręcznego podłączenia przewodów elektrycznych, rozprzęganie – ręczne;
- mechaniczne sprzęganie pojazdów z automatycznym podłączeniem przewodów hamulcowych i elektrycznych (ale nie przewodów transmisji danych); rozprzęganie – ręczne;
- mechaniczne sprzęganie pojazdów z automatycznym podłączeniem przewodów hamulcowych i elektrycznych (w tym przewodów transmisji danych); rozprzęganie – ręczne;
- mechaniczne sprzęganie pojazdów z automatycznym podłączeniem przewodów hamulcowych i elektrycznych (w tym przewodów transmisji danych); automatyczne rozprzęganie.

Dalszy rozwój gospodarczy państw europejskich w zmieniających się warunkach geopolitycznych i reorientacji kierunków pozyskiwania surowców i handlu międzynarodowego, spowodowanego m.in. konfliktem między Rosją i Ukrainą, stawia przed lądowym transportem



Rys. 32. Zmechanizowany sprzęg śrubowy ZSS-2006 typu L650: a) położenie transportowe [56], b) położenie gotowości do zapięcia na haku wagonu [58]



Rys. 33. Rozwiązania łączenia taboru kolejowego na świecie [5]

europejskim nowe zadania. Unia Europejska widzi istotną rolę w dalszym rozwoju transportu, opartym na przewozach kolejowych. Kolejowe przewozy towarowe realizowane innowacyjnym taborem i związane z nimi korzyści dla gospodarek poszczególnych państw i ochrony klimatu, w najbliższym czasie będą ważnym elementem rozwoju tej gałęzi transportu.

Jak wskazuje Europejska Federacja Pracowników Transportu (ETF) (...) *Jeden pociąg towarowy to odpowiednik 52 pojazdów ciężarowych. Jedna tona ładunku przeniesiona na tory pozwala w porównaniu z transportem samochodowym zmniejszyć poziom emisji CO₂ o 80%. Kolejowe przewozy towarowe odciążają drogi i miasta i tylko dzięki temu środkowi transportu możliwe będzie osiągnięcie celów klimatycznych określonych w Europejskim Zielonym Ładzie. (...) Samoczynny sprzęg stanowi środek mający na celu zwiększenie wydajności prowadzonej działalności. Jednocześnie wprowadzenie tego rozwiązania będzie miało duży wpływ na pracowników kolei, zwłaszcza na pracowników manewrowych, jak również na rewidentów taboru (pracowników kontroli technicznej) i maszynistów (...) [2].*

Przeciwnie do cytowanej deklaracji, szeroko rozumiana automatyzacja pociągów towarowych praktycznie nie zmieniła się od dziesięcioleci. Przygotowanie pociągu przed odjazdem jest nadal w dużej mierze procesem ręcznym. Oprócz mechanicznego sprzęgania lokomotywy i wagonów towarowych, konieczne jest podłączenie przewodów pneumatycznych hamulców. Sprawdzanie kolejności wagonów, test hamulców oraz obliczanie masy hamowania i osiągnięć pociągu praktycznie nadal odbywa się manualnie. Stan techniczny wagonów towarowych jest sprawdzany przez obsługę w ramach przeglądu technicznego wagonu, a wreszcie

nawet sygnały na końcu pociągu muszą być zakładane ręcznie. Pracownicy, idąc wzdłuż pociągu, sprawdzają stan taboru przewoźowego i poprawność połączeń międzywagonowych przygotowanego składu do drogi. Największy towarowy przewoźnik kolejowy w Europie DB Cargo szacuje, że jego pracownicy wykonują proces łączenia taboru 54 000 razy dziennie i pokonują około 700 000 km rocznie podczas oględzin formowanych składów pociągów [74].

Trudno sobie wyobrazić, jak w Europie, w środowisku ręcznych interwencji i niskiej wydajności, może zostać osiągnięty cel zwiększenia do 2030 roku, kolejowego transportu towarowego o 50%. Ten cel, określony w Strategii Zrównoważonej i Inteligentnej Mobilności Komisji Europejskiej, nie może być osiągnięty bez większego ulepszenia opisanych czynności. Istotny postęp w tym zakresie przyniesie wprowadzenie automatycznego sprzęgu cyfrowego, co zostanie zaprezentowane w drugiej części artykułu.

Bibliografia

1. AAR Manual of Standards and Recommended Practices, Section S, Part III: Coupler and Yoke Details, Issue 06/2007.
2. Cyfrowy sprzęg samoczynny (DAC) w europejskich kolejowych przewozach towarowych. Stanowisko ETF. Dokument dostępny na stronie <https://www.etf-europe.org/wp-content/uploads/2020/12/DAC-PL-1.pdf> [dostęp: 20.04.2022].
3. Funke U.: *Development of Functional Requirements for Sustainable and Attractive European Rail Freight. Project D5.1 – State of the Art on Automatic Couplers*. FR8RAIL 2017.

4. Hagenlocher S.: *Automatische Kupplungssysteme im Schienengüterverkehr – eine Übersicht*. Hwh – Gesellschaft für Transport und Unternehmensberatung mbH, Karlsruhe 2015.
5. Hecht M., Leiste M., Discher S.: *Erstellung eines Konzeptes für die EUweite Migration eines Digitalen Automatischen Kupplungssystems (DAK) für den Schienengüterverkehr*. Fachbericht „Technik DAK“. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin. 2020.
6. Karta UIC 522-2: Warunki dopuszczenia samoczynnego sprzęgu ciągłego.
7. Karta 523: Warunki techniczne, jakie powinien spełniać sprzęg automatyczny kolei członkowskich UIC i OSŻD aby zapewnić wzajemną współpracę sprzęgów.
8. Kulinowski P.: *Transport szynowy. 2 Tabor*. Katedra Maszyn Górniczych, Przerobczych i Transportowych. Opracowanie dostępne na stronie Internetowej: <https://docplayer.pl/42268819-Transport-szynowy-2-tabor.html> [dostęp: 29.11.2021].
9. Nagiel R.: *Reorganizacja kolejnictwa w Niemczech*. Inżynier Kolejowy, Eksploatacja 11/1925.
10. Norma GOST 3475-62 (CT 3475-62): Автосцепное устройство подвижного состава железных дорог колеи 1524 мм. Установочные размеры [Automatyczne sprzęg do taboru kolejowego o rozstawie 1520 (1524) mm. Wymiary montażowe].
11. Norma EN 16019:2014: Railway applications – Automatic coupler – Performance requirements, specific interface geometry and test method [Sprzęg automatyczny – Wymagania eksploatacyjne, specyficzna geometria interfejsu i metoda badania].
12. Sokołowski W.: *Sprzęgi samoczynne do wagonów*. Inżynier kolejowy, Eksploatacja, 4/1926.
13. Stühr H.J.: *Untersuchung von Einsatzszenarien einer automatischen Mittelpufferkupplung*. Berlin, Technischen Universität Berlin, Dissertation, 2013.
14. Tatarczyński J.: *Sprzęg manewrowy do pojazdów trakcyjnych*, Tts 12/2011.
15. <https://www.trains.com/trn/train-basics/abcs-of-railroading/couplers/> [dostęp: 08.11.2021].
16. http://www.rzd-expo.ru/history/rolling_stock/automatic_coupler/ [dostęp: 08.11.2021].
17. https://en.wikipedia.org/wiki/Janney_coupler [dostęp: 08.11.2021].
18. <https://www.homemadetools.net/forum/janney-semi-automatic-railway-coupler-gif-patent-62795> [dostęp: 09.11.2021].
19. <http://webarchive.loc.gov/all/20081106171853/http://inventors.about.com/library/inventors/bljannycoupler.htm> [dostęp: 09.11.2021].
20. [https://en.wikipedia.org/wiki/Janney_coupler#/media/File:Railroad_Coupling_\(CMRR\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Janney_coupler#/media/File:Railroad_Coupling_(CMRR).jpg) [dostęp: 09.11.2021].
21. <https://mediarail.wordpress.com/is-automatic-coupling-on-freight-wagon-will-become-reality/> [dostęp: 08.11.2021].
22. https://en.wikipedia.org/wiki/Janney_coupler#cite_note-data_sheets-9 [dostęp: 09.11.2021].
23. https://pl.wikipedia.org/wiki/Sprz%C4%99g#/media/Plik:%22Klawiatura%22_nad_sprz%C4%99giem_w_EZT.JPG [dostęp: 27.11.2021].
24. https://en.wikipedia.org/wiki/Scharfenberg_coupler#/media/File:ICE3_Scharfenberg_coupling_detail_view.jpg [dostęp: 27.11.2021].
25. https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Shibata_coupler#/media/File:Michaku.jpg [dostęp: 27.11.2021].
26. http://members.madasafish.com/~dysgraphyk/156/class156_BSI_coupling.htm [dostęp: 27.11.2021].
27. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Sprz%C4%99g#/media/Plik:M8C-Kupplung-08.jpg> [dostęp: 27.11.2021].
28. https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_coupling#/media/File:TRT-301-Tomlinson-Coupler-01.jpg [dostęp: 27.11.2021].
29. https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_coupling#/media/File:NYCS_H46-6006-Mott-Ave-coupler.jpg [dostęp: 27.11.2021].
30. https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_coupling#/media/File:E4-Shinkansen-Coupler.jpg [dostęp: 27.11.2021].
31. https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_coupling#/media/File:SEPTA_budd-coupler.jpg [dostęp: 27.11.2021].
32. <https://districtdave.co.uk/html/coupling.html> [dostęp: 27.11.2021].
33. https://www.jpan.wiki/wiki/en/SA3_coupler [dostęp: 27.11.2021].
34. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Train_coupling.jpg [dostęp: 29.11.2021].
35. https://www.wikiwand.com/en/Tightlock_coupling#/Tightlock_use_in_the_United_Kingdom [dostęp: 29.11.2021].
36. <https://en-academic.com/dic.nsf/enwiki/590368> [dostęp: 29.11.2021].
37. https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_coupling [dostęp: 29.11.2021].
38. <http://www.norgrove.me.uk/buckimages/Buckeye1m.jpg> [dostęp: 19.03.2022].
39. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alliance-Coupler-01.jpg> [dostęp: 19.03.2022].
40. https://vignette.wikia.nocookie.net/obts/images/c/c1/RailCarCoupler.UICS_0000.PDF [dostęp: 19.03.2022].
41. https://www.pomogala.ru/konstrukt/konstrukt_39.html [dostęp: 30.11.2021].
42. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AAR_Type_F_coupler_b.jpg [dostęp: 01.12.2021].
43. https://en.wikipedia.org/wiki/Scharfenberg_coupler [dostęp: 04.12.2021].
44. <https://voith.com/corp-en/connection-components-couplings/railway-couplers.html> [dostęp: 04.12.2021].
45. https://en.wikipedia.org/wiki/Schwab_Verkehrstechnik_AG#/media/File:SBB_RABe_511_coupler.jpg [dostęp: 04.12.2021].
46. <https://www.yumpu.com/en/document/read/1315634/product-innovations-2012-2013-schwab-verkehrstechnik-ag> [dostęp: 0.12.2021].

47. <https://www.william-cook.co.uk/gb/product/complete-coupler-systems> [dostęp: 06.12.2021].
48. https://www.dellner.com/siteassets/terms/DellnerBrochure2018_Prev.pdf [dostęp: 06.12.2021].
49. <https://voith.com/corp-en/connection-components-couplings/railway-couplers.html> [dostęp: 06.12.2021].
50. https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_coupling#/media/File:GF-koppeling_CJ_trein.JPG. [dostęp: 06.12.2021].
51. https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_coupling#/media/File:+GF+_Kupplung_Prag.JPG. [dostęp: 06.12.2021].
52. https://www.wikizero.com/en/Railway_coupling [dostęp: 27.01.2022].
53. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SHUNTING_COUPLER_FOLDED_UP.JPG [dostęp: 17.02.2022].
54. <https://hellertal.startbilder.de/bild/Deutschland~Detailaufnahmen~Kupplungen/729229/rangierkupplung-typ-rk-900-am-16122017.html> [dostęp: 17.02.2022].
55. <https://www.firemax.pl/kolej-i-tramwaje/urzadzenia-manewrowe-przeciągarki/e-maxi-xl/> [dostęp: 17.02.2022].
56. <https://archive.is/aT34> [dostęp: 17.02.2022].
57. <https://www.transportszynowy.pl/Kolej/lok6dg> [dostęp: 17.02.2022].
58. <https://archive.is/aT34#selection-195.0-245.168> [dostęp: 17.02.2022].
59. <https://www.youtube.com/watch?v=fIAO6JhqMAw> [dostęp: 18.02.2022].
60. <https://www.youtube.com/watch?v=F09nQr7FYh4> [dostęp: 18.02.2022].
61. https://www.youtube.com/watch?v=P_t7LiBad2Y [dostęp: 18.02.2022].
62. <https://www.youtube.com/watch?v=93KbBuXSF1U> [dostęp: 18.02.2022].
63. <https://hellertal.startbilder.de/bild/deutschland~zweiwege-fahrzeuge~diesel-rangierfahrzeuge/661050/zweiwege-fahrzeug-rangierfahrzeug-terberg--zagro-truck.html> [dostęp: 18.02.2022].
64. <https://www.youtube.com/watch?v=xzAehrF1fZc> [dostęp: 19.03.2022].
65. <https://www.youtube.com/watch?v=EyLqO9-Js-M> [dostęp: 18.02.2022].
66. <https://www.youtube.com/watch?v=eHPHT2-7fr0> [dostęp: 18.02.2022].
67. https://www.youtube.com/watch?v=ylQa_GNgAKs&t=81s [dostęp: 18.02.2022].
68. <https://www.youtube.com/watch?v=u0W7OO5jJEY> [dostęp: 18.02.2022].
69. https://www.youtube.com/watch?v=p2gezL_z3Ow [dostęp: 18.02.2022].
70. <https://www.youtube.com/watch?v=3lsvNJzVM30> [dostęp: 18.02.2022].
71. <https://www.youtube.com/watch?v=LL3UFyGnprA> [dostęp: 18.02.2022].
72. <https://www.youtube.com/watch?v=tbDO-fo1hic> [dostęp: 01.03.2022].
73. http://www.btobrail.com/btobrail.com/Digital_Automatic_Coupling_the_backbone_for_full_digital_rail_freight_operations_in_Europe.php [dostęp: 21.04.2022].