

Jacek Wesołowski

Historyczne uwarunkowania tworzenia systemów kolejowych na świecie (6). Różnice techniczne w kształtowaniu sieci

Fakt, że na wielkich obszarach Europy przyjęto „stephensonowski” rozstaw szyn jest zapewne pochodną wpływu inżynierii brytyjskiej. Nie przeszkodziła ona przyjęciu innych szerokości toru w niektórych krajach, co może wskazywać na decydującą rolę polityki rządów na wczesnym etapie budowy kolei. Z drugiej strony, ujednoczenie szerokości torów w Ameryce Północnej było najczęściej długotrwałym procesem, choć wyjątkowo stało się też epizodem jednego przedsięwzięcia, stanowiącym majstersztyk organizacyjny. Swoboda doboru rozstawu szyn na terytoriach zależnych od Brytanii, wraz z praktyką budowy wąskotorowych „kolei ekonomicznych”, złożyły się poza Europą na liczne przypadki nieciągłości sieci kolejowych, które wciąż czekają na rozstrzygnięcie. Ujednoczenie skrajni, chociaż nie tak niezbędne, jak w przypadku torów, jest również procesem podyktowanym chęcią bardziej ekonomicznego wykorzystania potencjału przewozowego na całości sieci kontynentalnej. W zakresie systemów elektryfikacji, „interoperacyjność” uzyskuje się przede wszystkim za pomocą taboru wielosystemowego. Historia jednak zna również przypadki przebudowy infrastruktury – największy z nich miał zapewne miejsce we Włoszech.

Słowa kluczowe: interoperacyjność, rozstaw szyn, skrajnia, systemy elektryfikacyjne.

Mimo że najważniejszą rolę w początkach kolejnictwa odegrała Wielka Brytania, w tym także jako eksporter technologii, nie zagwarantowało to powszechnego ujednoczenia technicznych parametrów sieci kolejowych. W niniejszym artykule naszkicowaliśmy syntetycznie tylko dzieje rozstawów szyn, skrajni kolejowej i systemów elektryfikacyjnych. Nie porusza się tutaj kwestii odpowiedniości sprzęgów, czy systemów zabezpieczenia ruchu kolejowego, które również kształtują warunki powiązania sieci różnych zarządów kolejowych.

Rozstaw szyn

„Zróbcie je tej samej szerokości. Inne koleje mogą być dzisiaj daleko, ale, wierzcie mi, kiedyś połączą się w jedną” – tak George Stephenson miał odpowiedzieć na pytanie jaki dać prześwit toru mającej się budować linii¹. Ludzie jednak zwykle nie są takimi wizjonerami (albo nie chcą się łączyć). Różnice rozstawu szyn były jedną z barier przeszkadzających stworzeniu jednolitej sieci krajowej. Szczęśliwie, w większości krajów tor normalny 1435 mm, czyli stephensonowskie 4 stopy 8½ cala, zdecydowanie dominował przy pionierskiej budowie nowych linii korzystających z pracy wielu brytyjskich inżynierów i producentów taboru.

W samej Wielkiej Brytanii, po początkowym dużym zróżnicowaniu torów, a nawet „wojnie na rozstawy”, doszło stopniowo do ich ujednoczenia. Przyczyniła się do tego w jakiejś mierze decyzja specjalnej komisji rządowej, która już w 1846 r. zaleciła tor „stephensonowski” jako standardowy w całym kraju². Najwięcej kłopotu sprawiła kolej Great Western, która została zbudowana na torach szerokich na 7 stóp ¼ cala (2140 mm), wskutek decyzji jej głównego inżyniera, I.K. Brunela. Jego wysokiej klasy spuścizna,

estyma, którą cieszyła się kolej GWR i szerokie, wygodne wagony, opóźniły znacząco pełną unifikację torów; konwersja sieci tej kolei dokonała się ostatecznie dopiero w 1892 r. [il. 1]



Il. 1. 1892 r.: koniec rozstawu Brunela na GWR. Parowozy oczekują na złomowanie na stacji Swindon. Maszyna na pierwszym planie po prawej powstała zaledwie 12 lat wcześniej – jej wczesne skreślenie zupełnie nie odpowiadało brytyjskiej praktyce
Rixon Bucknall, *Our Railway History*, London, 2nd Ed. 1945



Il. 2. Tor czteroszynowy na Niagara Suspension Bridge z 1855 r. służył pociągom New York & Erie RR – 1829 mm, kanadyjskiej Great Western Rly. – 1676 mm oraz New York Central RR – 1435 mm.
fot. J. P. Soule, ~1857, kol.: NY Public Library, Robert Dennis Collection; WikiComm, PD

W Irlandii w 1845 r. istniały już trzy koleje, każda na torze innej szerokości: kolej *Dublin & Kingstown* na torze normalnym, „stephensonowskim”, *Ulster Rly.* – 1880 mm oraz *Dublin & Drogheda Rly.* – 1575 mm. Wprowadzenie „toru irlandzkiego” 1600 mm (5 stóp 3 cale) było efektem sprawiedliwego, ale kosztownego kompromisu zarządzanego przez Board of Trade, jako że nie używała go żadna z kolei. W 1852 r. ukończono linię łączącą elementy sieci kolejowej wychodzące z Dublina i Belfastu, umożliwiając połączenie obu części wyspy (późniejsza magistrala *Great Northern Rly.*).

Szczególnie interesująco unifikacja przebiegała w USA. W dobie budowy sieci kolejowej różne rozstawy (których było około dziesięciu w całym kraju, wliczając wąskie³) wynikały najpierw z decyzji rządów, a potem z prawa stanowego, które ustanawiano dla ochrony interesów lokalnych przedsiębiorców. Tylko wyjątkowo dochodziło do przechodzenia wagonów między sieciami: jeśli różnica szerokości była niewielka (nawet 1,5 cala, ale z użyciem specjalnych „compromise cars” o grubszych obręczach kół), a także przy wykorzystaniu różnych technologii zmiany rozstawu kół. Stosowanie tych metod skutkowało jednak obniżeniem poziomu bezpieczeństwa⁴. Po Wojnie Secesyjnej (1861-65) koleje stanów południowych stopniowo przeprowadzały unifikację rozstawów szyn do 1524 mm, czyli 5 stóp, nawet jeśli pierwotnie były normalnotorowe. Znikł tam wtedy rozstaw 1676 mm, który był wymagany prawem w Teksasie (co nie przeszkadzało połowie tamtejszych kolei mieć tor normalny). Rozstaw 5 stóp utrzymał się do 1886 r., kiedy to nastąpiła konwersja torów kolei stanów południowych na tor 1448 mm, umożliwiając już ruch pociągów normalnotorowych. Na liczącej ponad 20 tys. km sieci operację tę przeprowadzono przy pomocy dziesiątek tysięcy osób w ciągu 36 godzin, wliczając przebudowę zestawów osiowych!⁵ Wyjątkowa ta akcja da się chyba tylko porównać z zamianą sprzęgów śrubowych na automatyczne, dokonaną w wagonach towarowych na państwowych kolejach japońskich w ciągu jednej nocy 1925 r.⁶ Na północy kraju też nie było początkowo jednolitej sieci: południowa część stanu Nowy Jork miała koleje na torach 1829 mm (tzw. „Erie Gauge”), Maine używał 1676 mm (tak jak część sieci Kanady i, przypadkowo, wspomniany Teksas), Ohio i New Jersey 1473 mm, zaś stan Pensylwania – 1448 mm, czyli prawie normalny⁷. Wielka sieć *Pennsylvania RR* używała go jeszcze w 1886 r., co tłumaczy wybór stanów południowych (w Pensylwanii istniał też popularny rozstaw 1588 mm lub 1581 mm, znany jako tramwajowy „Pennsylvania trolley gauge”). Kiedy w 1855 r. otwierano most graniczny nad Niagarą, trzeba było zastosować tor wieloszynowy dla trzech rozstawów trzech kolei używających przeprawy [il. 2]. Odniesienia typów toru do terytorium są jednak uproszczeniem – zawsze istniały wyjątki, czasem szczęśliwe. Dzięki przyjęciu „Erie gauge” przez dwa zarządy na terenie Ohio i Indiany można było od 1854 r. przejechać od New Jersey do rzeki Mississippi w tym samym wagonie⁸. Unifikacja rozstawu szyn dokonała się stopniowo, dzięki decyzjom przejścia na tor normalny podejmowanym przez największe koleje. W Kanadzie przejście to nastąpiło w l. 1872-73.

W Australii natomiast do dzisiaj pełna unifikacja szerokości toru nie nastąpiła. Mamy więc tor normalny w Nowej Południowej Walii, tor 1600 mm w Wiktorii, 1076 mm w Queensland i Australii Zachodniej oraz mieszankę szerokiego i wąskiego toru w Południowej. Częściowa unifikacja polegała na wprowadzeniu normalnotorowej linii łączącej wszystkie stany, dokonanym w drugiej poł. XX w.; do Darwin na północy dociągnięto już tor 1435 mm (2003).

W Brazylii większość sieci to linie toru metrowego. Jednakże dwóch przewoźników działających w najbardziej zurbanizowa-



Il. 3. Sieć kolejowa środkowej Argentyny ok. 1946 r. Tor 1676 mm - linie czarne, tor 1435 mm - klasyczne oznaczenie kolei, tor 1000 mm - linie prostopadłe kreskowane

Źr.: *Archivo Asociación Rosarina Amigos del Riel*, na witrynie *Ferropedia*

nej części kraju (stany Sao Paulo i Rio de Janeiro) wybrało tor 1600 mm. W punktach styku na dość szeroką skalę stosuje się tory trójszynowe. Istnienie dwóch rozstawów może mieć dzisiaj poważniejsze znaczenie tylko dla ruchu towarowego (pasażerski dalekobieżny praktycznie nie istnieje).

W niektórych krajach sieci o różnych rozstawach w znacznym stopniu się na siebie nakładały. Należą do nich Indie, gdzie stosowano tor 1676 mm obok toru metrowego, jak też Argentyna, gdzie powstały sieci aż trzech rozstawów: 1000 mm, 1435 mm i 1676 mm [il. 3]. Indie radzą sobie z tym problemem radykalnie, stopniowo przekuwając wąskie tory na rozstaw szeroki, natomiast Argentyna po prostu w końcu XX w. zrezygnowała z kolei jako liczącego się środka krajowego transportu.

W Europie przypadki współistnienia różnych rozstawów kolejowych w tym samym państwie były rzadkie (nie licząc późniejszych lokalnych sieci wąskotorowych). Kolej *HUISM* w Niderlandach w l. 1839-66 r. eksploatowała linię rozstawu 1945 mm. Podobnie *Rhijnspoor*, ale znacznie krócej, bo w l. 1843-56. Zważywszy na opóźnioną budowę sieci normalnotorowej w tym kraju, można powiedzieć, że tory ujednolicono u progu epoki kolejowej. Państwowa kolej Badenii zaczynała od linii 1600 mm, ale przeszła na tor normalny, jak wszyscy dookoła zdecydowali się tor „stephensonowski” (eksploatacja: 1840-55). Znacznie gorzej sprawa przedstawiała się w Rosji, gdzie utrwaliło się istnienie małej sieci normalnotorowej na terenie Polski, zapoczątkowanej w 1845 r., mimo że dla całego Imperium dwa lata później, za radą amerykańskiego inżyniera, wybrano rozstaw 1524 mm – ten sam, który istniał w południowych stanach USA. W Belgii nieoczekiwanie pojawia się linia 1151 mm na ważnym kierunku, bo między Antwerpią i Gandawą, ale odcięta od sieci normalnotorowej wskutek długo nie budowanej przeprawy przez Skaldę. Z tego powodu przetrwała aż do 1897 r.⁹ W Austro-Węgrzech natomiast zanosilo się na utrwalenie sieci wąskotorowej 760 mm, którą, m.in. wskutek nacisku kół węgierskich pilnujących interesów portu Fiume (Rijeki; por. stosunek Brytyjczyków do Kolei Birmańskiej), przyjęto jako podstawową dla okupowanej Bośni. Linie te były później przebudowywane już w niepodległej Jugosławii, a częściowo zlikwidowane. Pozostałością po nich jest przeprawa przez przełęcz Sargan w Serbii na linii do Belgradu (ukończ. 1925), po niedawnej odbudowie eksploatowana jako kolej zabytkowa¹⁰.

Zastosowanie toru normalnego albo szerokiego postrzegano często jako zbyt drogie dla kolei budowanych w koloniach albo krajach słabo rozwiniętych. Czasami budowę kolei zaczynało od rozstawu normalnego, po czym wtórnie przechodzono na wąski (Południowa Afryka, Jawa). Na wielką skalę rozwijano sieci na to-

rze metrowym (częściej w krajach związanych z Francją) lub „przyładkowym” (związanych z Brytanią). Nazwa „rozstaw przyładkowy” (Cape Gauge, 1076 mm) jest zresztą zwyczajowa i dość myląca, ponieważ sugeruje, że narodził się on w Afryce Południowej, gdzie ma sporą sieć, podczas gdy naprawdę stało się to w Australii (Queensland). Jakimś szyderstwem losu przyjęto go również w Japonii, gdzie kolej miała się rozwinąć w szczególnie spektakularny sposób. Przy wprowadzaniu sieci kolei dużych prędkości (*Shinkansen*) nie było innego wyjścia, jak przyjąć rozstaw całkowicie nieprzystający do sieci istniejącej; wybrano tor normalny. Ukształtował się w ten sposób model osobnej sieci dużych prędkości – bardziej z konieczności, niż z wyrachowania. Świadczą o tym dwie boczne linie tzw. „małego Shinkansena”, bazujące na zastosowaniu toru splecionego albo równoległego do wąskiego w tym samym pasie podtorza. Jako osobną sieć realizowano też kolej dużych prędkości na Tajwanie, z tych samych powodów (wąskotorowa kolej klasyczna budowana w czasach, gdy wyspa była prowincją japońską).

Niezgoda ambitniejszych krajów na kolonialne „piętno podrzędności” technicznej sieci wąskotorowych prowadziła niekiedy do całkowitej przebudowy systemu na tor normalny. Przykładem dobrym jest Maroko, w którym dokonano jej począwszy od lat 20-tych. Aktualnie dzieje się to w Nigerii, Etiopii i Kenii. Kiedy indziej próbuje się uzyskać na torze wąskim naprawdę zadziwiająco prędkości (nawet 160 km/h), zarówno na liniach istniejących (Tajwan, Jawa), jak i nowobudowanych (Malezja, Japonia).

Jak widzieliśmy w Stanach Zjednoczonych, niewielkie różnice rozstawu szyn nie wykluczają „interoperacyjności”. Tzw. rozstaw iberyjski 1668 mm jest w istocie pochodną pierwotnego rozstawu hiszpańskiego 1674 mm, czyli 6 stóp kastylijskich¹¹, oraz portugalskiego 1665 mm, czyli 5 stóp portugalskich, które to wielkości być może przypadkowo są tak zbliżone. Obecny rozstaw jest produktem kompromisu przyjętego w 1955 r. Co więcej, używany tabor wyprodukowany dla toru 1668 mm bywa sprowadzany wtórnie na sieci argentyńskie i chilijskie 1676 mm, gdzie jest eksploatowany bez przeróbek. Drobną różnicą rozstawu zachodzi też między Finlandią, która pozostała przy torze przedrewolucyjnym 1524 mm, a Rosją, gdzie dokonano przejścia na tor 1520 mm. Mające jeździć z większymi prędkościami składy „Pendolino” na trasę Petersburg–Helsinki zbudowano więc na teoretyczny rozstaw 1522 mm.

Na sieci kolejowej przechodzenie pociągów na tory o innym rozstawie szyn bez wymiany wózków (znanej z granic sieci toru rosyjskiego) w XX w. zapoczątkowane zostało na granicy hiszpańsko-francuskiej w 1969 r., dzięki specjalnej konstrukcji zestawów kołowych trzeciej generacji hiszpańskich składów wagonowych Talgo. Natomiast od 2001 r. istnieją już zespoły trakcyjne o zmiennym rozstawie kół, znacznie upraszczające procedurę przechodzenia między torami różnej szerokości¹². Na początku XXI w. potrzebę znacznie intensywniejszej „interoperacyjności” wywołał rozwój normalnotorowej sieci hiszpańskiej KDP. W eksploatacji znajduje się obecnie kilkanaście stacji „cambiator de ancho”, służących licznym pociągom KDP ruchu wewnętrznego.

Różnice skrajni

Pierwotnie każdy zarząd kolejowy budował system wedle przyjętych przez siebie standardowych wymiarów taboru. Wszystkie one różniły się od siebie w stopniu znacznie utrudniającym „interoperatywność”. Jeśli było tak w obrębie jednego państwa, to tym większy problem pojawia się w skali międzynarodowej.

Dzisiaj, prawie 130 lat po ostatecznej likwidacji toru rozstawu szerokiego w Anglii (za którym szła też większa skrajnia), wycho-

Tab. 1. Skrajnia statyczna taboru obecnie – główne wymiary

Kraj	rozstaw toru	skrajnia taboru wysokość	skrajnia taboru szerokość
USA	1435 mm	6,15m - 4,62m (tow.) 5,03m, 4,42m, 4,36m (pas.)	3,25m (tow.) 3,11m (pas.)
Rosja i in.	1520 mm	5,30m	3,40m, 3,75m
Chiny	1435 mm	4,80m	3,40m
Niderlandy	1435 mm	4,70m	3,40m
Szwecja	1435 mm	4,65m, 4,83m	3,40m, 3,60m
Japonia (<i>Shinkansen</i>), Korea Pd.	1435 mm	4,50m	3,40m
Hiszpania, Portugalia ^A	1668 mm	4,30m	3,30m
UIC/TSI (Europa)	1435 mm	4,28m, 4,32m, 4,65m	3,15m
Indie ^B	1676 mm	4,265m, 4,725m	3,25m, 3,66m
Wiktoria ^C	1600 mm	4,27m	2,97m
Nowa Pd. Walia ^D	1435 mm	4,27m	2,97m
Japonia	1067 mm	4,10m	3,00m
Wielka Brytania	1435 mm	3,965m	2,82m
RPA	1067 mm	3,962m	3,048m
Queensland ^E	1067 mm	3,90m	2,85m
Nowa Zelandia	1067 mm	3,815m	2,83m

źr.: Ang. *Wikipedia*, hasło *Loading gauge* [XI 2018]; ^A Jap. *Wikipedia*, hasło 車両限界 [XI 2018]; ^B *Indian Railways Schedule of Dimensions, 1676mm Gauge*, Rev. Ed. 2004; ^C Ang. *Wikipedia*, hasło *Rail transport in Victoria* [XI 2018]; ^D NSW Transport, *TOC Manual, General Instructions*, TS TOC.1 : 2017 issue 2; ^E *Queensland Rail Official, Interface Standards*, V.4.1 (2017).

dzi na to, że koleje Wielkiej Brytanii zbudowano najmniejsze ze wszystkich. Wysokość skrajni budowlanej około 1914 r. określano tam na 4,12 - 4,34 m, zależnie od sieci. W Niemczech wysokość ta wynosiła 4,8 m, a w USA aż 5,49 - 6,71 m¹³. W Europie najmniejszą skrajnię poza Brytanią miały koleje francuskie. Można było oczywiście określić najmniejszy gabaryt pociągów, gwarantujących poruszanie się po wszystkich liniach głównych Europy, uczyniono to w 1914 r. i przyjęto na konferencji w Bernie. Oznaczała ona możliwość budowy wagonów wysokich do 4,28 m i szerokich do 3,15 m. Problem w tym, że „skrajnia berneńska” była znacznie mniejsza od stosowanej w wielu krajach. Gdyby ją w nich przyjąć, to przekreślono by możliwość eksploatacji taboru piętrowego, a współcześnie ograniczono przewozy kontenerowe. Dlatego nowe standardy UIC i wywiedzione z nich standardy UE (określone w specyfikacjach TSI) są wariantowe z zaleceniem stopniowego przechodzenia na większe gabaryty. Proces ten zresztą miał miejsce wraz z modernizacją linii, szczególnie we Francji, a nawet Wielkiej Brytanii.

Istniejące obecnie normatywy skrajni są więc pochodną zaszłości historycznych i ciągłych przemian, którym podlega sieć kolejowa. Zawierają one wciąż frapujące sprzeczności. Przede wszystkim widać, że nie ma prostej zależności między szerokością toru a wielkością przekroju taboru, bo największych wymiarów wcale nie osiąga się na najszerszych torach, a tor wąski może mieć większy tabor, niż normalny. Co więcej, wskutek przebudów podyktowanych tendencją modernizacyjną, skrajnie mogą się różnić od siebie na poszczególnych liniach lub sieciach w obrębie tych samych państw.

Systemy zasilania trakcji elektrycznej

„Wieża Babel” w rozstawach szyn nie była (i nie jest) tak powszechna, jak różnice w systemach elektryfikacji¹⁴. Dzisiaj jedyny liczący się na świecie obszar transgranicznych penetracji sieci



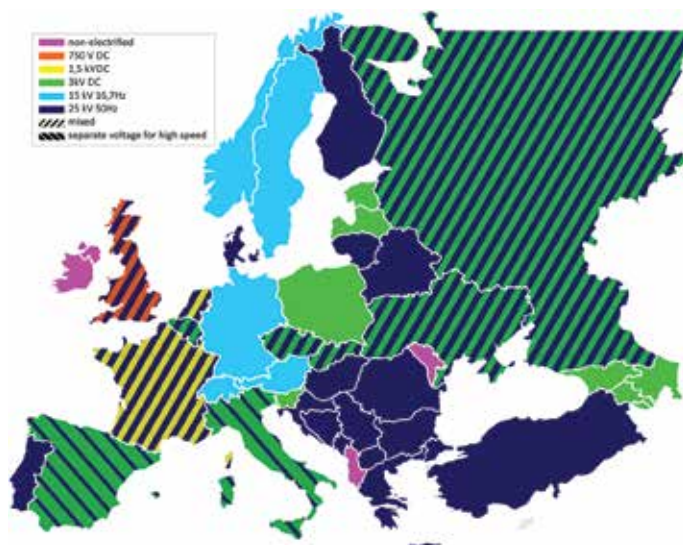
Il. 4. Elektryfikacja trójfazowa na stacji Lecco w Lombardii
fot. nieznanymi, ~1910,
kol.: ETH-Bibliothek
Zürich, Bildarchiv;
WikiComm, PD

kolejowych – czyli Europa – dzieli się na kilka stref elektryfikacji. Niekiedy zresztą różne strefy występują w jednym kraju.

Pojawienie się trakcji elektrycznej wiąże się z kolejami miejscowego znaczenia: miejskimi i lokalnymi. Systemy z górnym zasilaniem doskonały się raczej na kolejach typu tramwajowego, zaś systemy zasilane dołem – wiązały się z kolejami prowadzonymi poza ulicami.

I tak pionierskie wdrożenia „trzeciej szyny” miały miejsce na pierwszej linii metra głębokiego w Londynie (1890, *City & South London Rly.*), a potem na ze wszech miar interesującej technicznie *Liverpool Overhead Rly.* (1893, nie istnieje). Szybko zasilanie dolne weszło na linię sieci krajowej – najpierw w Paryżu na podejściu tunelowym do dworca Orsay (1900, potem rozbudowane w systemy podmiejskie kolei PO i państwowej). Poza Paryżem pionierskie elektryfikacje dotyczyły kilku trudnych miejsc związanych z eksploatacją tuneli w Europie i USA a później innych stref podmiejskich (Liverpool, Newcastle, Nowy Jork). Na większą skalę elektryfikacja dolna sieci krajowej dokonała się wcześniej, bo w 1902 r., w Lombardii (dotrwała do 1951), a po 1915 r. w południowej Anglii – gdzie zachowała się do dzisiaj. System ten uznano za na tyle sprawny, że na jego rzecz zrezygnowano nawet z niewielkiej elektryfikacji siecią górą, istniejącej od 1909 r. na jednej z linii w obrębie Londynu. Pierwszy rzut pociągów „Eurostar” musiał więc nie tylko spełnić ostrzejsze wymagania co do gabarytów taboru, ale także mieć możliwość zasilania dolnego w najbardziej archaicznym formie – czyli z odbiorem górnym. Nawet bowiem zasilanie dolne może mieć kilka postaci, zależnie od umieszczenia powierzchni ślizgu odbieraka na szynie prądowej. Różnice te nieraz wykluczają interoperacyjność między różnymi systemami kolei miejskich.

Elektryfikacja z napowietrznych przewodów trakcyjnych na kolejach sieci krajowej pojawia się na większą skalę również w 1902 r. w północnych Włoszech jako trójfazowa (~3 kV 15 Hz albo ~3,6 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz; il. 4). W 1907 r. dokonuje się pierwsza elektryfikacja magistrali: wylot z Nowego Jorku w kierunku Bostonu kolei *New York, New Haven & Hartford RR* (~11 kV 25 Hz), już jednofazowa. System ten przyjmuje również *Pennsylvania RR* dla magistrali Harrisburg – Filadelfia – Nowy Jork. Dzisiaj w pierwszym przypadku stosuje się ~12,5 kV 60 Hz, a w drugim – ~12 kV 25 Hz¹⁵. W Europie dzisiejszy system niemiecki (~15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz), zapoczątkowany próbami w Szwajcarii, zostaje wprowadzony w l. 1911-14 pierwszą



Rys. 1. Systemy elektryfikacji linii kolejowych Europy
Źr. T Bużalek na podstawie danych UIC/UNECE.

wielką elektryfikacją pruską Magdeburg – Dessau – Bitterfeld – Lipsk/Halle i utrwalony na magistrali sudeckiej Zgorzelec – Wrocław, zelektryfikowanej w l. 1914-23. Do 1945 r. powstaje w Niemczech ciągła sieć od Magdeburga przez Lipsk/Halle, Norymbergę, Augsburg, a potem po Stuttgart, Monachium i Salzburg. W 1926 r. ukończono też pierwszą dużą inwestycję w ramach elektryfikacji magistral szwedzkich tym samym systemem ~15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz.

Elektryfikacjami sieci kolejowej prądem stałym początkowo byli bardziej zainteresowani Amerykanie dla odcinków w Górach Skalistych. System =3 kV (prądu stałego) pojawia się w 1917 r. na linii Seattle–Harlowton (stan Montana) kolei *Chicago, Milwaukee, St Paul & Pacific RR*. Przejmuje się go w Brazylii (od 1922), w Meksyku (1924) i w Chile (1924). W 1928 r. system ten pojawia się we Włoszech (linia Benewent – Foggia) i, po długich dyskusjach, bierze górę nad elektryfikacją trójfazową. Jej przebudowa na =3 kV trwa w l. 1945-76. Belgia przyjmuje = 3 kV nieco później niż Ameryka: elektryfikacja linii Bruksela – Antwerpia kończy się w 1935 r. (=3 kV pojawia się też w 1952 r. w Belgickim Kongu¹⁶). Polska zaczyna również w 1935 r. w Warszawie, ale niewiele się dzieje aż do lat pięćdziesiątych.

Tymczasem w Niderlandach przyjmuje się standard =1,5 kV elektryfikacją *Oude Lijn* Rotterdam – Haga HS – Amsterdam (kolej *HUJSM*, 1924-27).

Elektryfikacja sieci krajowej w Hiszpanii zaczyna się na wielką skalę w latach dwudziestych, ale używa się dwóch systemów: =1,5 kV i =3 kV, i to na sieci tego samego zarządu kolei (*Norte*). Unifikacja do =3 kV kończy się w 1984 r.

W 1926 r. elektryfikacja =1,5 kV pojawia się we Francji (Paryż – Vierzon); przyjmują ją koleje *PO* i *PLM*, prowadzące ruch między Paryżem a Południem. Ale od 1954 r. SNCF eksperymentuje na północy z systemem ~25 kV 50 Hz (Valenciennes – Thionville), który przyjmuje się na dobre w 1966 r. elektryfikacją linii Paris Nord – Lille. W efekcie podział na oba systemy elektryfikacji przebiega w samym węźle paryskim. Jednocześnie nowe elektryfikacje, oczywiście włącznie z kolejami dużych prędkości, mają nowy system, nawet jeśli położone są na południu kraju.

W 1929 r. ZSRR zaczyna elektryfikację sieci krajowej od linii podmiejskich wokół Moskwy w systemie =1,5 kV, ale w 1932 r. wchodzi także =3 kV (kolej w Gruzji). Przed 1941 r. w całym pań-

stwie jest już 1850 km linii pod prądem obu napięć (niższym raczej w węzłach z ruchem podmiejskim). Masowa elektryfikacja sieci głównej następuje od początku lat pięćdziesiątych i obejmuje zarówno przejście z =1,5 kV na =3 kV, jak i nowe elektryfikacje systemem ~25 kV 50 Hz¹⁷.

System ~25 kV okazał się bardzo atrakcyjny dla wielu innych zarządów kolejowych. Pojawia się on w Wielkiej Brytanii (1966, *West Coast Main Line*), która wcześniej dokonała elektryfikacji tylko jednej linii głównej systemem =1,5 kV, rekomendowanym do zastosowania na całej sieci jeszcze w 1928 r. (Manchester – Sheffield, 1954). System ~25 kV stosuje się niemal bez wyjątku na liniach KDP, włącznie z włoskimi (poza starą *Direttissima*), ale poza Niemcami. Również Amerykanie przy nielicznych nowych elektryfikacjach stosują ten system („Northeast Corridor” do Bostonu, linie podmiejskie w New Jersey¹⁸), z czego wynika, że znaczna część pociągów musi być wielosystemowa, zważywszy na współistnienie starszych form zasilania.

W Japonii po pierwszych elektryfikacjach sieci państwowej w Tokio =600 V (1906), w latach dwudziestych ustala się standard =1,5 kV. Ale w 1957 r. w okolicach Sendai pojawia się nowy system ~20 kV 50 Hz (potem gdzie indziej także 60 Hz). Obecnie stosuje się go na Hokkaido, w północnym Honsiu (oraz większości linii Hokuriku w środkowej części wyspy), jak również na Kiusiu. Pozostała część zelektryfikowanej sieci wąskotorowej używa napięcia =1,5 kV. *Shinkansen* ma od samego początku ~25 kV 60 Hz, co w tym czasie (1964) miało jeszcze posmak nowości¹⁹.

Zasadnicze różnice napięcia wymuszają różne sposoby technicznego rozwiązania sieci trakcyjnej, zaś zwyczajnie poszczególnych zarządów wykształciły nawet inne formy podparcia (np. NS powszechnie stosowały bramki, a SNCF przy tym samym napięciu – w większości klasyczne słupy).

Wielość systemów wymusza bardziej skomplikowany tabor. Składy „Eurostar” musiały być przynajmniej trójsystemowe, niektóre zaś czterosystemowe, podobnie jak część „TGV PBKA”. Czasem jednak nawet w ruchu krajowym znaczna część pojazdów trakcyjnych musi być dwusystemowa, włącznie z każdym TGV. Nie tylko w Japonii i we Francji współistnieją dwa systemy elektryfikacji na sieci klasycznej, ale również w Czechach, na Ukrainie i w Rosji. Wychodzi na to, że fakt, że przynajmniej tory są zazwyczaj tej samej szerokości, graniczy z cudem.

Przypisy

¹ Ferneyhough, *The History...*, 1975, s. 69.

² Ferneyhough, *The History...*, 1975, s. 85.

³ Douglas J. Puffert, *The Standardization of Track Gauge on North American Railways, 1830-1890*, w: *The Journal of Economic History*, Vol. 60, No. 4 (Dec., 2000), str. 933-960.

⁴ Albert J. Churella, *The Pennsylvania Railroad*, Vol. 1: Building an Empire, 1846-1917, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 2013, str. 188; *Standardization of American Rail Gauge*, na witrynie *The Transcontinental Railroad*, URL: railroad.lindahall.org/essays/rails-gauge.html [III 2020].

⁵ Daniel P. Gross, *The Ties that Bind: Railroad Gauge Standards and Internal Trade in the 19th Century U.S.*, Harvard Business School, Boston, 2016, str. 9, URL: economics.yale.edu/sites/default/files/gross_0.pdf; ang. *Wikipedia*, h. *Track gauge in the United States* [III 2020].

⁶ E. Aoki, M. Imashiro, S. Kato, Y. Wasuda, *A History of Japanese Railways 1872-1999*, East Japan Railway Culture Foundation, Tōkyō, 2000, str. 63.

⁷ Por. też mapę *1860 US Railroads*, na witrynie *Map Archive*, URL: www.themaparchive.com/1860-us-railroads.html [III 2020].

⁸ *Encyclopedia of North American Railroads*, William D. Middleton, George M. Smerk, Roberta L. Diehl (red.), Indiana University Press, Bloomington, 2007, str. 727.

⁹ *Belgische spoorlijnen*, URL: users.telenet.be/pk/lijnen.htm#59 [XI 2018].

¹⁰ Niem. *Wikipedia*, h. *Šarganska osmica* [III 2020].

¹¹ 6 stóp kastylijskich dawało dokładnie 1671,8 mm, ale firmy brytyjskie budujące kolej przyjęły 1674 mm ze względu na łatwiejszy przelicznik na miary brytyjskie.

¹² Hiszp. *Wikipedia*, h. *Cambio de ancho* [VI 2020].

¹³ Giese, *Lichttraumprofil*, w: v. Röhl, *Enzyklopädie...*

¹⁴ F.J.G. Haut, *Historia lokomotywy elektrycznej*, wyd. polskie: WKŁ, Warszawa, 1975.

¹⁵ Ang. *Wikipedia*, h. *Northeast Corridor* [III 2020].

¹⁶ G. Gillon, *Électrification partielle du chemin de fer du Bas-Congo au Katanga*, Institut Royal Colonial Belge, Section des Sciences Techniques, Mémoires; Collection In-8^o, Tome X, fasc. 1, Bruxelles, 1953.

¹⁷ Ros. *Wikipedia*, h. *Электрификация железных дорог* [XI 2018].

¹⁸ John G. Allen, John P. Aurelius, *Commuter Rail Re-electrification: Is It Still Justified?*, referat konf. TRB 2003 Annual Meeting, 2002, URL: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.831.9791&rep=rep1&type=pdf [III 2020].

¹⁹ E. Aoki, M. Imashiro, S. Kato, Y. Wakuda, *A History of Japanese Railways 1872-1999*, East Japan Railway Culture Foundation, Tokyo, 2000, s.64 nn., 127 nn., 138 nn.

Autor:

Prof. dr hab. inż. arch. **Jacek Wesolowski** – Politechnika Łódzka. Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Historical legacy in the form and performance of railway networks (5). Technical differences in shaping the Network

In spite of the key role Great Britain played in the early age of railways as the exporter of technology and products, universal unification of technical parameters of rail networks was not achieved. This article contains a short history of multiplicity of track gauges, loading gauges and electrification systems. It does not deal with many other features, like coupling types or train control and signaling systems.

British influence undoubtedly settled the adoption of an awkward Stephenson's track gauge on vast areas of Europe. It did not prevent, however, the use of other gauges in some countries which proves the governments had a decisive say in railway construction. On the contrary, track gauge unification in North America was a long process with a remarkable episode of one concerted action, itself a masterpiece of logistics and organization. The 'inventiveness' in track gauge in British dependencies, combined with an attempt to build narrow-track 'economic railways', contributed to the abundance of break-of-gauge spots outside Europe remaining yet to overcome.

Unification of loading gauges, though not a necessity as absolute as in case of tracks, is also a process borne by attempt to use railway transport capacity more evenly across continents. While tackling the differences in electrification is mostly a story of running multi-system rolling stock, some major infrastructure rebuilding was also involved (the biggest occurred in Italy).

Keywords: interoperability, track gauge, loading gauge, electrification systems.