

Koleje dużych prędkości – najnowsze zagadnienia

High Speed w natarciu

Champagne Ardenne TGV
- krótki postój pociągu TGV

W dniach od 8 do 12 czerwca bieżącego roku odbywał się w ramach UIC w Paryżu szósty już trening – kilkudniowe międzynarodowe szkolenie dotyczące tematyki kolei dużych prędkości, które zgromadziło przedstawicieli różnych zarządów kolejowych zarówno tych planujących budowę, jak i już eksploatujących KDP oraz ekspertów i obserwatorów. Celem szkolenia była wymiana doświadczeń i zapoznanie z najnowszymi osiągnięciami poszczególnych krajów.

Biorąc pod uwagę nie tylko Europę, ale także Japonię, Koreę Południową, Tajwan, Rosję, Chiny, Turcję czy Maroko są one imponujące. W najbliższych latach planuje się wybudowanie nowych odcinków KDP również w Argentynie, Brazylii i USA. Bez żadnego ryzyka można w obecnym momencie powiedzieć, iż szybka kolej okazała się być niejako uniwersalnym środkiem pozwalającym przywrócić pociągom pasażerskim ich prestiż oraz konkurencyjność w stosunku do pozostałych rodzajów środków transportu publicz-

nego. Mało tego – kolej HS na odcinkach od 300 do ok. 1000 kilometrów okazała się bezkonkurencyjna dla transportu samochodowego i prawie bezkonkurencyjna dla lotniczego; szczególnie na odległość do 600 km.

Mit energetyczny 300–350 km/h runął!

W tegorocznym paryskim spotkaniu na szczególną uwagę zasługiwała prezentacja hiszpańska dotycząca zużycia energii przez KDP. Jest ona efektem badań, jakie zostały przeprowadzone w Hiszpanii na przestrzeni kilku ostatnich lat. Badania owe całkowicie obalają powszechnie panujące mity dotyczące rzekomego wielkiego zużycia energii elektrycznej przez kolej dużych prędkości, a w szczególności mit drastycznego wzrostu zużycia przy przekroczeniu prędkości 300 km/h.

W kontekście planowanej w Polsce linii szybkiego ruchu, nazwanej roboczo „Y”, pomiędzy Warszawą – Łodzią – Wrocławiem i Poznaniem oraz podpisaniu przez spółkę PKP PLK umowy na wykonanie kompleksowego studium modernizacji linii CMK pomiędzy Grodziskiem Mazowiec-

kim a Zawierciem wraz z budową/modernizacją odcinków dojazdowych do aglomeracji Krakowa i Katowic, temat – naszym zdaniem – nabiera zupełnie nowych barw.

Przyjęto bowiem dla linii „Y” minimalne parametry $V_{max} = 360$ km/h, a dla CMK prawdopodobny jest wariant modernizacji do $V_{max} = 300$ km/h i zasilenia tej linii systemem 2 x 25 kV napięcia zmiennego. Oznacza to, że w najbliższej przyszłości czeka nas zmierzenie się między innymi właśnie z tematem dotyczącym dostarczenia oraz poboru energii przy takich prędkościach. Tym bardziej „straszak” w postaci wprawianej od lat energochłonności kolei KDP powinien zostać jak najszybciej zastąpiony praktyczną wiedzą. Bowiem wiele mitów dotyczących szybkich kolei – zakorzenionych w umysłach nie tylko pasażerów, ale niektórych ekspertów, kolejarzy i polityków – zwyczajnie w bezpośredni sposób szkodzi idei wprowadzania KDP w Polsce. Nie tylko szkodzi, ale zniekształca cały sens wdrożenia u nas sieci KDP.

Dotychczasowe opinie dotyczące energochłonności kolei High Speed oparte były na teoretycznych badaniach brytyjskich, prowadzonych na początku lat 90. ubiegłego wieku



pod przewodnictwem profesora Rogera Kempa z Uniwersytetu w Lancaster. Badania te nie zostały nigdy potwierdzone w praktyce na gruncie doświadczalnym, ponieważ ówczesnie w Wielkiej Brytanii nie istniała infrastruktura, która pozwalałaby na uzyskanie prędkości rzędu 300 – 350 km/h, o których te badania mówią. Oparte zostały na hipotetycznym przejeździe z różnymi prędkościami pociągu na trasie z Londynu do Edynburga. Przez lata zatem w oparciu o wyniki badań funkcjonował pogląd, którego podstawowym założeniem była formuła mówiąca o wzroście zużycia energii proporcjonalnie do różnicy kwadratu prędkości między nimi. Zgodnie z tą regułą, wzrost prędkości z 200 do 300 km/h na godzinę – czyli półtorakrotnie – powinien skutkować wzrostem energii o 2,25 razy, czyli o 125%. W rzeczywistości jest to wzrost jedynie o około 40%!

Przekroczenie szybkości 300 km/h również nie niesie ze sobą znaczącego wzrostu zużycia energii. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że przy jeździe z szybkością 350 km/h pociąg konsumuje prawie 11% więcej energii niż przy 300 km/h. Zgodnie z teorią kwadratu prędkości, powinno to być 36%, lecz i ta wartość nie byłaby potwierdzeniem opinii o drastycznym wzroście zużycia przy przekroczeniu szybkości 300 km/h. Załączona tabela (zużycie energii) zawiera dane dotyczące odcinka wysokich

prędkości z Madrytu do Barcelony, gdzie obecnie prędkość eksploatacyjna wynosi 300 km/h i ma zostać stopniowo zwiększona do 350 km/h po wprowadzeniu do użytku systemu ETCS poziom 2. Biorąc pod uwagę łączne koszty jednostkowe, koszt energii potrzebnej na przejazd z Madrytu do Barcelony stanowi około 3% ceny biletu, jaką płaci pasażer. Zwiększenie prędkości z obecnych 300 do 350 km/h oznacza wzrost ceny biletu o 34 eurocenty w celu pokrycia wyższych kosztów energii. Zysk czasowy wynoszący 13 minut jest zatem wysoce pożądany przez pasażerów, którzy są skłonni pokryć nieznacznie wyższe koszty przejazdu.

Badania hiszpańskie wskazują na cechy, które dowodzą, że pociągi dużej prędkości poruszające się po nowo zbudowanych liniach są ponadto znacznie oszczędniejsze pod kątem zużycia energii od pociągów klasycznych, które pokonują odległości pomiędzy danymi miastami, jadąc liniami konwencjonalnymi. Przyczyny tego są następujące:

1. Linie wysokich prędkości pozwalają na uzyskiwanie jednolitego wykresu prędkości poprzez mniejszą liczbę postojów i w zasadzie brak ograniczeń prędkości eksploatacyjnych. Na badanej linii Madryt – Barcelona o długości 621 km, aż 554 kilometrowy odcinek umożliwia jazdę z szybkością maksymalną 350 km/h. Najkosztowniejszymi operacjami są w tym przypadku hamowanie i ponowny rozruch pociągów do prędkości rozkładowych, spowodowany postojami lub ogra-

niczeniami prędkości ze względu na stan infrastruktury, co występuje przykładowo szczególnie w dużej liczbie na sieci PKP.

2. Linia dużej prędkości łącząca dwa miasta jest z reguły krótsza od linii konwencjonalnej. Na badanych odcinkach sieci kolejowej Hiszpanii linia dużej prędkości jest średnio o 12% krótsza od linii klasycznej łączącej dane miasta. Przykładem jest połączenie Madrytu i Valladolid lub w przyszłości Warszawy i Wrocławia. Wyjątkiem może być tutaj przyszłe planowane połączenie Warszawy z Poznaniem linią „Y”, które będzie o około 10–12% dłuższe od linii klasycznej.
3. Krótszy czas przejazdu powoduje mniejsze zużycie energii przeznaczonej na pracę takich urządzeń, jak klimatyzatory, grzejniki czy oświetlenie. Są to urządzenia, których wielkość zużycia energii zależy ściśle od czasu przejazdu.
4. Mniejsza masa pociągów dużych prędkości niż taboru konwencjonalnego i aerodynamiczny profil pozwalający lepiej redukować opory powietrza powstające podczas jazdy.
5. System zasilania pozwalający odzyskiwać energię podczas hamowania pociągu, tzw. rekuperacja. Dla linii Madryt – Barcelona wartość energii odzyskanej wynosi aż 8% energii zużytej.

Liczmy kilowatogodzinę

Częścią treningu dotyczącego KDP była także możliwość rzeczywistego sprawdzenia zużycia energii przez pociąg ICE 3 na trasie z Frankfurtu do Paryża – 588 kilometrów, w tym na 281-kilometrowym odcinku linii dużej prędkości LGV Est (V max = 320 km/h). W kabinie maszynisty tego



pociągu, podobnie jak w kabinie lokomotywy „Taurus” /” Husarz”, znajduje się monitor wskazujący na zużycie energii przez pociąg. Podczas dwóch przejazdów zmierzono wyniki zużycia i były one następujące:

1. Dla odcinka linii o długości 203 kilometry z Mannheim do Lorraine (183 kilometry linii klasycznej oraz 20 km linii LGV) podczas pierwszego pomiaru zużycie wyniosło 2680 kWh, a podczas drugiego pomiaru 3230 kWh – przy czym podczas drugiej jazdy pociąg zanotował 5-minutowe opóźnienie na przyjeździe do stacji Lorraine, spowodowane dwoma nieplanowanymi zatrzymaniami pociągu.
2. Dla linii dużej prędkości LGV Est o długości 281 km zużycie energii wyniosło podczas pierwszego przejazdu 6480 kWh, a podczas drugiego przejazdu 6090 kWh. Podczas drugiego przejazdu zauważalna była znacznie niższa frekwencja wynosząca około 40% w porównaniu z frekwencją przekraczającą 100% podczas pierwszego przejazdu, co było widocznym elementem mającym wpływ na zużycie energii – szczególnie na linii LGV Est przy

pokonywaniu wzniesień dochodzących do 35 promil.

Na linii dużej prędkości pociąg ICE 3 poruszał się z prędkością maksymalną 320 km/h i odcinek od stacji zatrzymania Lorraine TGV do początku linii LGV Est (Vaires) pokonał w czasie 58 minut. Ciekawostką jest tutaj stosunkowo wysokie zużycie energii potrzebne do uzyskania prędkości 320 km/h, czyli tzw. rozruch pociągu lub rozpędzenie do prędkości maksymalnej. Podczas drugiego przejazdu wyniosło ono aż 980 kWh, a czas potrzebny do uzyskania V_{max} wyniósł 6 min i 50 sekund. Jednakże profil podłużny linii pokazuje, że rozruch ze stacji Lorraine TGV odbywa się w początkowej fazie „pod górkę” na wzniesieniu aż 35 promil, co tłumaczy dłuższy niż technicznie możliwy czas do uzyskania prędkości rozkładowej. Zamieszczony profil podłużny linii LGV Est (patrz wykres) wskazuje na kilka miejsc, gdzie pociągi muszą pokonywać wzniesienia dochodzące do 35 promil. Prędkość jazdy w takich przypadkach spada nawet do 270 km/h.

Przeciwnie, na licznych spadkach o pochyleniach rzędu 20 – 35 promil pociąg wykonuje automatyczne przyhamowanie, aby nie przekroczyć rozkładowej prędkości maksymalnej 320 km/h. W takich przypadkach

na liniach KDP zasilanych systemem 2 x 25 kV mamy do czynienia z rekuperacją energii, czyli oddawaniem jej nadmiaru do sieci zasilającej. Biorąc pod uwagę zużycie energii, dane dostarczone przez pociąg ICE 3 na odcinku Lorraine TGV – Vaires (koniec linii LGV Est – 23 kilometry od Paryża) potwierdzają badania hiszpańskie z odcinka Madryt – Barcelona, jeśli porównamy zużycie energii w proporcji do przebytej drogi.

Jednostka ICE 3 produkowana przez Siemens ma masę netto 435 ton, a masa brutto pociągu dochodzi do około 470 ton. Długość tego pociągu o rozłożonym napędzie wynosi 200 metrów. Dla porównania, średnie zużycie energii przez pociąg IC o masie brutto 450–500 ton (z lokomotywą), prowadzony przez lokomotywę EP 09 na trasie Warszawa – Poznań o długości 300,5 km (przez obwodnicę Wrześni), wynosi 5611 kWh, gdzie szybkość maksymalna to jedynie 160 km/h, jednak tylko około 55% trasy umożliwia przejazd z taką prędkością, a biorąc pod uwagę występujące zwolnienia stałe i czasowe – także na odcinkach z V_{max} – to rzeczywisty procent trasy pokonywany z V_{max} jest jeszcze niższy.

Jak widzimy – co wobec dotychczas panujących „mitów” może być szokujące – pobór energii liczony w kilowatogodzinach (a więc wartość porównywalna – nawet przy różnego rodzaju wartościach napięć zasilania) dla pociągu InterCity Warszawa – Po-

znań na trasie o długości 300,5 km, na prawie płaskiej linii, jest tylko nieco mniejszy niż pobór podczas jazdy pociągu ICE 3 z prędkością dwa razy większą (320 km/h) na trasie o bardzo zróżnicowanym profilu podłużnym o pochyleniach często aż do 35 promil! I to wraz z „karkołomnym” rozruchem od $V = 0$ km/h ze stacji Lorraine TGV – gdzie pociąg ma rozkładowy przystanek – oraz kilkukilometrowym wzniesieniem tuż za tą stacją o pochyleniu 35 promil. Trzeba przy tym wziąć pod uwagę większą ilość przyspieszeń (zwolnień) lub nawet postojów dla pociągu Warszawa – Poznań. No i warto zauważyć, że pociąg szybki pobiera energię o wiele krócej niż pociąg wolny – biorąc pod uwagę np. odcinek 300 km lub zbliżony. Stąd wartości te są niemal porównywalne. Jakby nie patrzeć – jest to dowód na znakomity wręcz stosunek poboru mocy w relacji do zaoferowanej prędkości podróźnej oraz czasu przejazdu pociągu HS.

Szybki pociąg ma kilka niebagatelnych zalet. Jedną z nich jest relatywnie płynna jazda, nawet na liniach HS o dalece zmiennych pochyleniach profilu podłużnego. Jest to kolejny już – niezmiernie ważny – argument za budowę nowych linii, a nie dokonywanie jedynie niesamowicie kosztownych modernizacji starych linii, gdzie tzw. efektywność finalnego skrócenia czasów przejazdu jest jak na razie marginalna – przynajmniej w warunkach polskich, gdzie modernizacje do V_{max} 140–160 km/h zazwyczaj nie dają widocznych efektów skrócenia czasu jazdy.

Francuski „problem” – chiński syndrom

Przez wiele ostatnich lat panowało przekonanie, że wzrost prędkości szczególnie powyżej 300 km/h nie jest już uzasadniony ekonomicznie ze względu na wysokie koszty. Badania hiszpańskie obalają niejako te przekonania, oparte w większości na przytoczonych już badaniach brytyjskich, na które zresztą powoływano się wielokrotnie także w prasie branżowej dotyczącej kolejnictwa. Obecnie przekroczenie szybkości maksymalnej 300 km/h stało się faktem. Już od połowy 2007 roku TGV na linii Est są eksploatowane z szybkością 320 km/h, chociaż prędkość ta została wprowadzona na kolejach francu-

skich już wcześniej, bo w roku 2003 na krótkim 40-kilometrowym odcinku linii TGV Mediteranee. Zdaniem Francuzów, jest to obecnie prędkość optymalna, biorąc pod uwagę koszty eksploatacyjne, jednak „problem” SNCF polega obecnie na nieposiadaniu taboru o wyższej niż 320 km/h prędkości maksymalnej. Trwają badania homologacyjne pociągu AGV, którego eksploatacja przy prędkości 360 km/h ma kosztować tyle samo, co eksploatacja obecnych jednostek TGV o szybkości 300 km/h. Jak na razie jednak SNCF nie zdecydowały się na zakup tych pociągów, inwestując w pojemne składy TGV Duplex.

W sierpniu ubiegłego roku kolejowy świat zaskoczyły Chiny – wprowadzając do eksploatacji swoją odmianę pociągu ICE 3 produkcji Siemens (Velaro China) i od razu decydując się na szybkość eksploatacyjną 350 km/h na pierwszym 115-kilometrowym odcinku z Pekinu do Tianjin, który jest częścią połączenia Pekinu z Szanghajem. Jest to pierwszy na świecie przypadek rozkładowej eksploatacji taboru z taką prędkością w ruchu pasażerskim. Tym samym Chińczycy wyprzedzili pod tym względem zarówno Francuzów, jak i Japończyków, Niemców, Hiszpanów czy Włochów. Wprawdzie Hiszpanie już dysponują taborami o prędkości eksploatacyjnej 350 km/h (Velaro E), ale jak dotąd – oprócz wielu jazd testowych – nie zastosowano jej w normalnej planowej eksploatacji.

Pomimo faktu, że prędkości powyżej 300 km/h nie wiąże się ze znacznym wzrostem zużycia energii, pozostają jeszcze inne czynniki, które należy brać pod uwagę zwiększając prędkość eksploatacyjną. W przypadku toru podsypkowego zasadnicze znaczenie może mieć nieoszacowany jeszcze dokładnie możliwy wzrost kosztów jego utrzymania, na co wskazuje RFF – francuski odpowiednik PLK. Dążeniem SNCF będzie możliwość zwiększenia prędkości pociągów do szybkości, jaką będzie oferował nowy tabor – w tym przypadku AGV. Jednak w opozycji do prób zwiększenia prędkości może stanąć właśnie RFF, który nie będzie skłonny pokrywać wyższych kosztów utrzymania linii. W przypadku Francji bierzemy pod uwagę także znacznie mniejsze odległości niż w Chinach. Przykładowe zwiększenie prędkości

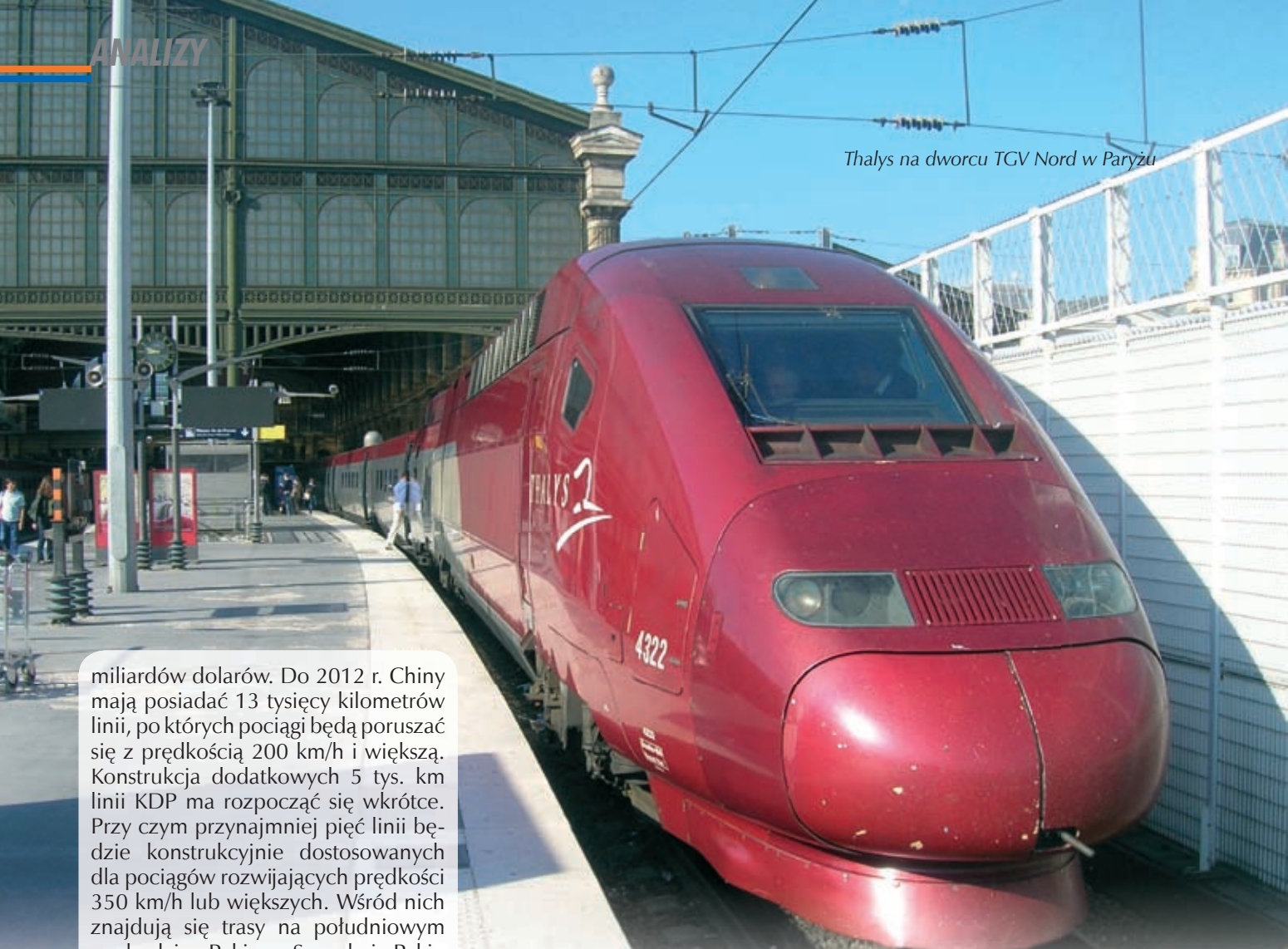
z 320 do 350 km/h to redukcja czasu przejazdu o 1 sekundę na kilometr. W przypadku odległości 300 km jest to łącznie około 5 minut zysku czasowego, czyli niewiele, biorąc pod uwagę wyższe koszty utrzymania. Jednakże dla Chin – gdzie przykładowa odległość pomiędzy Pekinem i Szanghajem wyniesie 1318 kilometrów – po zbudowaniu nowej trasy zwiększenie prędkości o podane 30 km/h wiąże się już z zyskiem czasowym na poziomie ponad 20 minut. Przy planowanym minimalnym czasie przejazdu na poziomie 4 godzin ma to bardzo duże znaczenie. Szczególnie w kontekście możliwości jazdy w jedną i drugą stronę w ciągu jednego dnia – wtedy pasażer zyskuje aż 40 minut.

Zdaniem przedstawicieli kolei chińskich, ta linia będzie niebawem najbardziej obciążoną pasażerską linią świata – z planowanymi potokami na poziomie ponad 500 tys. pasażerów dobowo. Już obecnie rozważane jest dalsze zwiększenie prędkości do 380 km/h wraz z wprowadzeniem nowego taboru, który ma być zbudowany w oparciu o własną technologię. Nowe linie KDP w Chinach, zwane PDL, przystosowane do prędkości 300 km/h i więcej są w całości budowane w technologii toru bezpodsypkowego, który uchodzi za tor nie wymagający wysokich kosztów utrzymania podczas jego eksploatacji i mogący przenosić znacznie wyższe obciążenia eksploatacyjne, które mają miejsce w Chinach. Jak do tej pory, tor bezpodsypkowy nie był eksploatowany z szybkością powyżej 300 km/h i także w tej dziedzinie koleje chińskie są pionierem.

Do innych problemów, jakie pojawiają się wraz ze wzrostem prędkości możemy zaliczyć:

1. współpracę na styku pantografu z siecią trakcyjną i zasilanie silników;
2. wzrost hałasu;
3. przemieszczanie podsypki (tzw. flying ballast) pod przejeżdżającym pociągiem;
4. ograniczenie w przepustowości linii wymuszające prowadzenie ruchu o dużej jednorodności.

W najbliższych latach – do roku 2012 – Chiny mają zamiar zbudować 35 linii kolei dużych prędkości. Szacunkowy koszt jest tak samo szokujący, jak chińskie zamierzenia: ok. 750



miliardów dolarów. Do 2012 r. Chiny mają posiadać 13 tysięcy kilometrów linii, po których pociągi będą poruszać się z prędkością 200 km/h i większą. Konstrukcja dodatkowych 5 tys. km linii KDP ma rozpocząć się wkrótce. Przy czym przynajmniej pięć linii będzie konstrukcyjnie dostosowanych dla pociągów rozwijających prędkości 350 km/h lub większych. Wśród nich znajdują się trasy na południowym wschodzie: Pekin – Szanghaj, Pekin – Kanton i Pekin – Harbin; łączące wschód i zachód: Zuzhou – Lanzhou i Szanghaj – Kunming. Wymienione trasy, wraz z trzema innymi, staną się szkieletem przyszłej gęstej sieci KDP w Chinach.

W zamierzeniach władz Chin, w przyszłości KDP ma łączyć wszystkie miasta, których liczba mieszkańców przekracza 200 tys. Obecnie w budowie jest 9031 km linii, które mają być ukończone do 2012 roku. Sztandarcowa inwestycja Pekin – Szanghaj zostanie ukończona także do 2012, czyli rok przed planowanym wcześniej terminem. Właśnie na tej linii są już plany zwiększenia szybkości eksploatacyjnej do 380 km/h wraz z wprowadzeniem nowego taboru, który ma być chińską konstrukcją.

Kiedy KDP w Polsce?

Może już za 3 lata – w roku 2012 – na CMK będziemy mieli swoje „małe KDP”, to znaczy ok. 100 kilometrów trasy dostosowanej do 200 km/h dla składów klasycznych i 250 km/h dla składów zespolonych. Przy czym – jeśli uda się przenieść projekt moder-

nizacji linii CMK z listy rezerwowej unijnego programu POLiS do listy podstawowej – być może około roku 2015/2016 cała CMK będzie już dostosowana do minimum $V_{max} = 250$ km/h. Najwcześniej natomiast w roku 2020 możemy mieć w Polsce „duże KDP”, czyli wybudowaną od podstaw linię Warszawa – Łódź – Wrocław/Poznań o prędkości maksymalnej 360 km/h.

W czerwcu w siedzibie PKP PLK podpisano umowę na wykonanie studium wykonalności – dokumentacji przedprojektowej dla modernizacji linii kolejowej E65 Południe, odcinek Grodzisk Mazowiecki – Zawiercie (CMK). Kontrakt zrealizuje konsorcjum Halcrow (lider), Scott Wilson, Egis Poland i Egis Rail SA. Rozpatrywane są trzy opcje modernizacyjne Centralnej Magistrali Kolejowej: do 220 km/h i zasilaniu 3 KV, do $V = 250$ km/h i zasilaniu 3 KV lub 25 KV oraz do 300 km/h przy zasilaniu 25 KV.

Niezależnie od powyższego Studium Wykonalności, w toku jest wyłonienie wykonawcy na zaprojek-

towanie, przetestowanie i zamontowanie na linii CMK systemu „sygnalizacji kabinowej” ETCS poziom 1 w celu zwiększenia prędkości w I etapie do 200 km/h (oraz 250 km/h dla składów zespolonych). Termin zakończenia wdrażania systemu – grudzień 2011.

W kwietniu 2009 roku zakończył się pierwszy etap postępowania przetargowego na zasadnicze Studium Wykonalności dla budowy KDP z Wrocławia i Poznania przez Łódź do Warszawy. Do końca tego roku powinna zostać podpisana umowa.

Rządowy harmonogram „Programu budowy i uruchomienia przewozów dużych prędkości w Polsce” zakłada uruchomienie pierwszych odcinków testowych w 2018 roku, a całej linii w roku 2020 dla komercyjnych przewozów pasażerskich.

Współpraca: Piotr Malepszak, specjalista w Biurze Linii Dużych Prędkości w PKP PLK