

Kazimierz Towpik

Utrzymanie nawierzchni na liniach dużych prędkości jako element ryzyka w procesie eksploatacji

Zmiany, jakie nastąpiły w wyniku rozwoju i zwiększenia terytorialnego zasięgu linii dużych prędkości na świecie, to między innymi:

- *reorganizacja kolei z częściową ich prywatyzacją oraz liberalizacją rynku usług kolejowych przeprowadzona w wielu krajach;*
- *wprowadzenie nowych technologii, zwłaszcza związanych z bezpieczeństwem i ochroną środowiska, oraz opracowanie wspólnych norm i zaleceń o zasięgu międzynarodowym;*
- *opracowanie technicznych specyfikacji interoperacyjności dla poszczególnych podsystemów systemu kolejowego oraz wielu norm europejskich dotyczących kolei;*
- *pojawienie się nowych form kontraktów dotyczących projektowania, budowy i eksploatacji linii dużych prędkości, wymagających zawierania umów długoterminowych, często pięćdziesięcioletnich, w ramach których otrzymujący koncesję nie tylko współfinansuje budowę, lecz również ponosi koszty eksploatacji i utrzymania linii, a po wygaśnięciu kontraktu obiekty infrastruktury przechodzą na jego własność.*

W kontrakcie takim określa się wymaganą jakość i żywotność poszczególnych elementów obiektów. Pełny kontrakt obejmuje finansowanie projektowania, budowy, eksploatacji i utrzymania linii oraz określa warunki cesji. Ujednolicono również wycenę nakładów inwestycyjnych na infrastrukturę kolei.

Innowacje techniczne w infrastrukturze drogi kolejowej to upowszechnienie nawierzchni bezpodsypkowych i nowych systemów przytwierdzeń, zastosowanie nowych materiałów do produkcji szyn i elementów sieci trakcyjnej oraz wprowadzenie systemów diagnozujących funkcjonowanie elementów infrastruktury (m.in. rozjazdów). W Europie funkcjonuje system sterowania i zabezpieczenia ruchu pociągów ERTMS-ETCS, wykorzystujący telekomunikację satelitarną GSM-R. Pojawiły się również nowe rozwiązania konstrukcyjne maszyn torowych oraz nowe metody ostrzegania przed wystąpieniem stanów zagrażających zdolności eksploatacyjnej drogi kolejowej. Zmiany te są wynikiem dążenia do dalszego skracania czasów podróży i zwiększenia prędkości jazdy do 350 km/h.

Prowadzenie ruchu mieszanego po liniach dużych prędkości wiąże się z koniecznością dostosowania infrastruktury do ruchu ze zróżnicowanymi prędkościami, a także zwiększonej prędkości ruchu towarowego. Nakłada to większe wymagania na proces utrzymania tych linii, w tym diagnostykę nawierzchni.

Nowe podejście

do oceny zdolności eksploatacyjnej linii KDP

Poprawne funkcjonowanie linii dużych prędkości w istotny sposób zależy od jej zdolności eksploatacyjnej (dyspozycyjności). Ma to szczególne znaczenie wówczas, gdy dochody dysponentów infrastruktury i operatorów bezpośrednio zależą od stopnia tej dyspozycyjności. Dlatego też na każdym etapie cyklu projektowania, budowy, a następnie eksploatacji przestrzega się wymagań RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability, Safety*), czyli dotyczących niezawodności, dyspozycyjności, naprawialności i bezpieczeństwa drogi kolejowej [6]. Niekiedy poziom spełnienia wymagań RAMS mierzy się stopniem dyspozycyjności S_A obliczanym z wzoru:

$$S_A = \frac{(A - B)}{A}$$

gdzie

A – suma czasów zajętości torów danego odcinka linii w ciągu roku wynikająca z rozkładu jazdy,

B – suma opóźnień w ciągu roku na danym odcinku linii, powstałych z przyczyn związanych z infrastrukturą i w zakresie odpowiedzialności właściciela koncesji.

Czynnikami mającymi istotne znaczenie w ocenie dyspozycyjności są oprócz struktury i organizacji ruchu pociągów – także struktura i organizacja służb utrzymujących linie dużych prędkości. Zwiększenie dyspozycyjności można osiągnąć między innymi poprzez zastosowanie systemów redundacyjnych, monitoringu stanu rozjazdów i sieci trakcyjnej, urządzeń do pomiaru wielkości oddziaływań kół na szyny, wykrywania kół z płaskimi starciami itp. Mamy więc do czynienia z procesem wymagającym przeprowadzania analiz ryzyka i zarządzania ryzykiem, którego miarą są wyniki osiągnięte w przyszłości w następstwie podejmowanych decyzji. W przypadku projektowania linii dużych prędkości trzeba oceniać ryzyko różnego rodzaju – ryzyko operacyjne jako wynik niewłaściwego zarządzania, ryzyko niedotrzymania technicznych i finansowych warunków projektu, ryzyko prawne itp.

Utrzymanie nawierzchni i podtorza jako element procesu projektowania, budowy i eksploatacji linii dużych prędkości Faza projektowania i budowy

Problemy utrzymania drogi kolejowej, w tym nawierzchni i podtorza, dotyczą bezpośrednio eksploatacji linii KDP (kolei dużych prędkości), jednakże muszą być analizowane również na etapie projektowania i budowy linii.

Strategie utrzymania nawierzchni przyjmowane przez poszczególne zarządy kolejowe wynikają zarówno z warunków eks-

ploatacji sieci, jak i z będącego do dyspozycji potencjału naprawczego. Właściwy wybór strategii utrzymania linii dużych prędkości wymaga oceny ryzyka. Współistnienie szybkiego ruchu pasażerskiego i ruchu pociągów towarowych ogranicza przepustowość linii, a utrzymanie nawierzchni staje się znacznie trudniejsze. Dlatego też przyjęcie odpowiedniej strategii utrzymania powinno nastąpić już na etapie projektowania.

Wybór konstrukcji nawierzchni oraz technologii jej utrzymania wymaga również podejmowania na etapie projektowania decyzji obciążonych ryzykiem związanym z wyborem wykonawcy odpowiedzialnego za budowę.

Wybór technologii napraw i oraz ich wykonawcy w coraz większym stopniu zależy od oceny łącznych kosztów uzyskania odpowiedniej trwałości drogi kolejowej (LCC – *Life Cycle Costs*). Istotna jest zwłaszcza dostępność linii i gwarancja dostaw części zamiennych. Analiza LCC musi uwzględniać takie czynniki, jak:

- sposób zbierania informacji o wykrytych uszkodzeniach,
- czasy napraw,
- liczebność personelu i wyposażenie zespołów naprawczych,
- terminy oddania toru do eksploatacji.

Analiza RAMS wymaga oszacowania średnich czasów występowania kolejnych uszkodzeń (MTBF – *mean time between failure*), średnich czasów napraw (MTTR – *mean time track repair*) oraz średnich czasów wyłączeń torów z ruchu.

Na liniach dużych prędkości są obecnie eksploatowane zarówno nawierzchnie klasyczne z warstwą podsypki, jak i nawierzchnie niekonwencjonalne (bezpodsypkowe). Podstawowym kryterium wyboru konstrukcji nawierzchni jest zazwyczaj bezpieczeństwo jazdy i minimalizacja kosztów utrzymania infrastruktury kolejowej.

Wybrana konstrukcja nawierzchni musi zapewniać określoną sztywność pionową, zazwyczaj przyjmowaną jako 150 MN/m, co uzyskuje się przez odpowiedni dobór elementów nawierzchni. Zmniejszenie sztywności na liniach dużych prędkości można osiągnąć, układając dodatkowo pod warstwą podsypki maty SBM (*Sub Ballast Mats*).

Obecnie na liniach KDP są powszechnie stosowane podkłady betonowe z przytwierdzeniami sprężystymi. Dynamiczna sztywność przytwierdzeń, która w nawierzchniach klasycznych może dochodzić do 600 MN/m, w rozwiązaniach niekonwencjonalnych jest ograniczana do 150 MN/m, ponieważ zmniejsza to oddziaływanie kół w poziomej płaszczyźnie toru.

W celu zwiększenia sprężystości nawierzchni i uzyskania korzystniejszego rozkładu nacisków, a tym samym spowolnienia procesu zużycia podsypki oraz zużycia falistego szyn, układa się również obecnie podkłady betonowe z przyklejonymi do dolnej powierzchni podkładkami z polimerów (USP – *Under Sleeper Pads*), o grubościach 15–30 mm i sztywności ok. 35 kN/mm. Zastosowanie tego rodzaju podatnych podkładek zmniejsza naprężenia w podsypce [1]. Niewłaściwy dobór współpracujących ze sobą elementów nawierzchni niesie za sobą ryzyko zwiększenia nakładów na jej utrzymanie i zmniejszenie trwałości konstrukcji.

Powodem układania na liniach KDP nawierzchni niekonwencjonalnych jest także znacznie szybszy w nawierzchniach klasycznych proces zużycia i wywiewania podsypki, z czym wiąże się konieczność częstszej wymiany i uzupełniania podsypki.

W świetle dotychczasowych doświadczeń można jednak stwierdzić, że układanie konstrukcji bezpodsypkowych jest trudne

na łukach i na krzywych przejściowych. Zaletą tych konstrukcji jest natomiast korzystniejszy – z uwagi na skrajnię budowli – przekrój poprzeczny linii, co ma znaczenie zwłaszcza w przypadku tuneli i obiektów mostowych. Łatwiej również uzyskać wymaganą dokładność położenia toru, a nakłady na utrzymanie są znacznie mniejsze. Z drugiej strony możliwości regulacji położenia toru są ograniczone, a usunięcie skutków ewentualnej awarii lub wykołowania wymaga znacznie dłuższego czasu niż w przypadku nawierzchni klasycznej. Trzeba też podkreślić, że budowa nawierzchni bezpodsypkowych na podtorzu ziemnym wymaga dobrego odwodnienia i uzyskania właściwych modułów odkształcenia podtorza.

Podtorze kolejowe na liniach KDP musi spełniać wymagania dotyczące sztywności i własności wibroakustycznych toru oraz minimalnej szerokości międzytorzy, nie musi natomiast spełniać warunków interoperacyjności. Należy pamiętać, że przy większych prędkościach jazdy narastanie drgań w torze oraz podtorzu może prowadzić do rozluźnienia ziaren gruntu i pionowych odkształceń toru. Nasilenie tego zjawiska zależy od prędkości rozchodzenia się fal powierzchniowych (fal Rayleigha). Krytyczna prędkość tych fal jest zależna od rodzaju ośrodka gruntowego. Dlatego też podtorze na liniach dużych prędkości powinno mieć większą wytrzymałość i odpowiednią sztywność, a jego górne warstwy powinny się zabezpieczać przed oddziaływaniem zwiększonych drgań [10]. Jest to szczególnie ważne w przypadku układania nawierzchni niekonwencjonalnych. Podłoże nawierzchni niekonwencjonalnych musi być również stabilne i mieć wystarczającą nośność.

Na liniach KDP przygotowanie podłoża gruntowego dla nawierzchni niekonwencjonalnych wymaga więc wykonania licznych badań właściwości gruntu i oceny jego nośności. W celu uzyskania wymaganych modułów odkształcenia stosuje się dodatkowe zagęszczanie i stabilizację gruntu (np. cementem), a nawet jego wymianę.

Liczba obiektów inżynierskich – mostów, wiaduktów, estakad i tuneli – występujących na nowo budowanych liniach dużych prędkości jest coraz większa, a ich łączna długość może osiągać nawet ponad 80% długości całej linii.

Szczególną uwagę należy zwracać na odcinki przejściowe w miejscach, gdzie następuje zmiana sztywności podparcia toru albo obserwuje się różnice w osiadaniu toru. Najczęściej takie odcinki występują między budowlą ziemną a mostem, tunelem lub przepustem. Wymaga to wyrównania sztywności pionowej dla uniknięcia skutków zwiększonych oddziaływań dynamicznych (efektu progowego) i niejednorodnego osiadania toru podczas eksploatacji. Jednym ze stosowanych rozwiązań jest układanie pod nawierzchnią na końcowym odcinku pomostu obiektu inżynierskiego maty z tworzywa piankowego oraz stabilizowanie gruntu zaprawą cementową za przyczółkiem.

Przy projektowaniu trzech zasadniczych elementów układu linii:

- prostych,
- łuków kołowych i krzywych przejściowych, uwzględniane są parametry geometryczne:
 - minimalny promień łuków poziomych,
 - maksymalna przechyłka toru położonego w łuku i maksymalne pochylenie rampy przechyłkowej
- oraz parametry kinematyczne:

- niedomiar i nadmiar przechyłki (wyrażający się wartością nierównoważonego przyspieszenia bocznego działającego na pojazd jadący po łuku),
- prędkość zmiany wartości przechyłki,
- prędkość zmiany niedomiaru przechyłki.

W przypadku projektowania linii KDP dokumenty TSI podają jedynie maksymalne wartości niedomiaru przechyłki, uwzględniające kryteria homologacji taboru. Podaje się je dla poszczególnych przedziałów prędkości jazdy po torach szlakowych i torach zasadniczych rozjazdów, w zależności od kategorii torów linii dużych prędkości.

Przy projektowaniu krzywych przejściowych zakłada się, że wartości przyrostu przyspieszenia muszą mieścić się w przedziale 0,30–0,70 m/s³, natomiast prędkości podnoszenia się koła podczas jazdy po rampie przechyłkowej – w przedziale 28–49 mm/s. Wartość maksymalna przechyłki wynosi 180 mm (wyjątkowo może być zwiększona do 200 mm), a minimalna 20 mm. Niewłaściwe zaprojektowanie układu i profilu linii wiąże się z ryzykiem zwiększenia kosztów eksploatacji linii.

W czasie projektowania i realizacji inwestycji należy również analizować zależność oczekiwanej dostępności linii od kosztów utrzymania (przewidywanych okresów między kolejnymi awariami, czasów usuwania awarii itp.). Pożądane jest stosowanie rozwiązań zwiększających zdatność eksploatacyjną linii, na przykład układów redundancyjnych w urządzeniach srk, systemów monitorowania pracy rozjazdów i pantografów, urządzeń do pomiaru sił między kołami pojazdów i szynami itp.

Szczególnie istotne jest ustalenie wymagań co do początkowej jakości obiektu po zakończeniu budowy i w pierwszym okresie po oddaniu do eksploatacji. W przypadku linii KDP z ruchem mieszanym szczególną uwagę należy zwracać na przewozy materiałów niebezpiecznych.

W fazie projektowania powinno się określić wymagania dotyczące eksploatacji i utrzymania linii. Do tych wymagań trzeba zaliczyć określenie:

- technologii utrzymania, wyposażenia w maszyny i sprzęt, rozmieszczenia baz nawierzchniowych, miejsc składowania materiałów i bocznic; bazy powinny być umieszczone na stacjach KDP i pobliskich stacjach kolei konwencjonalnych albo w terenie, w odległości nie większej niż 6 km od linii dużych prędkości; rozróżnia się bazy:
 - duże,
 - małe,
 - punkty z wyposażeniem umożliwiającym szybkie reagowanie w sytuacjach zagrożenia (np. wyboczeń, przerw w zasilaniu prądem trakcyjnym itp.);
- sposobu powiązania linii dużych prędkości z układem linii konwencjonalnych;
- dostępu do linii – zespoły robocze powinny móc dotrzeć do miejsca robót w możliwie najkrótszym czasie, a wybór tych miejsc w znacznej mierze zależy od układu i profilu linii (przekopy, nasypy, rodzaj obiektu inżynierskiego itp.); odległość między kolejnymi miejscami dostępu do linii powinna być w granicach 80–100 km, co umożliwi dojazd i powrót zespołu w czasie nieprzekraczającym jednej godziny;
- możliwości dostępu z sieci dróg samochodowych (zalecany – co 4 km) do nastawni, dróg zwrotnicowych, urządzeń srk, obiektów inżynierskich (mostów, wiaduktów, tuneli) itp. wraz

z lokalizacją parkingów; określa się również warunki dostępu personelu obsługującego linię.

Utrzymanie nawierzchni i podtorza linii KDP w eksploatacji

Eksploatacja linii, na której odbywa się ruch z prędkościami rzędu 200–300 km/h powoduje znaczne zwiększenie kosztów utrzymania nawierzchni podsypkowych i występowanie nietypowych zjawisk, takich jak wywiewanie podsypki i przyspieszony proces jej niszczenia. Podobne zjawiska występują w zimie wskutek uszkodzeń powodowanych przez bryły lodu. Obserwuje się również zwiększenie liczby uszkodzeń kontaktowo-zmęczeniowych szyn. Do charakterystycznych wad i uszkodzeń, występujących w torach linii dużych prędkości należą:

- uszkodzenia kontaktowo-zmęczeniowe główki szyny,
- wady wewnętrzne prowadzące do pęknięć i złamań,
- zużycie faliste.

Na liniach z nawierzchnią podsypkową, na których odbywa się ruch z prędkościami przekraczającymi 200 km/h, obserwuje się również wady zwane *belgrospis* będące uszkodzeniami powierzchni szyn przez wywiewane ziarna podsypki.

Zachowanie nawierzchni w stanie umożliwiającym normalną eksploatację wymaga oceny stopnia jej degradacji. Miarą degradacji nawierzchni jest utrata właściwości początkowych, pociągająca za sobą zmniejszenie dopuszczalnej prędkości jazdy, a w konsekwencji konieczność wykonania napraw. Degradacja nawierzchni kolejowej jest skutkiem współpracy podkładów z podłożem w warunkach dynamicznych oddziaływań pojazdów. Oddziaływania te doprowadzają z czasem do przekroczenia dopuszczalnych odchyłek w położeniu toru oraz nadmiernych odkształceń i zużycia elementów nawierzchni. Decydującymi czynnikami są tu:

- konstrukcja nawierzchni (typ szyny, podkładów i przytwierdzeń, rozstaw podkładów, rodzaj i grubość warstwy podsypki, niekiedy rodzaj i stan podtorza);
- obciążenie ruchem (natężenie i naciski osi, prędkości ruchu);
- technologia robót nawierzchniowych (rozpatrywana w całości jako proces technologiczny lub osobno dla poszczególnych operacji technologicznych) wprowadzających przejściowo zmianę charakterystyk sprężystości i tłumienia na długości toru.

Coraz częściej odstępuje się od tradycyjnego utrzymania planowo-zapobiegawczego, w którym przyjmuje się z góry określone cykle naprawcze. System utrzymania o sztywnym schemacie jest łatwiejszy w planowaniu i może korzystać z prostszych metod diagnozowania stanu nawierzchni, a ponadto przy jego stosowaniu istnieje duży stopień pewności, że nie wystąpią w torze usterki, które mogłyby zagrozić bezpieczeństwu ruchu. Utrudnia on jednak optymalizowanie kosztów utrzymania, co często prowadzi do podejmowania decyzji niekorzystnych ekonomicznie.

Przy planowaniu napraw na podstawie wyników diagnostyki wykorzystuje się stale uaktualnianą bazę danych o stanie nawierzchni. Informacji tej dostarczają objazdy wagonami pomiarowymi (częstsze w okresach narastania odkształceń), defektoskopowe badania szyn, przeglądy oraz badania diagnostyczne podtorza. Umożliwia to śledzenie zmian zachodzących w nawierzchni i podtorzu, a co za tym idzie interwencyjne wykonywanie napraw. W tym wypadku znacznie większe są koszty badań diagnostycznych, lecz pozwala to zmniejszyć nakłady na roboty

torowe i bardziej racjonalnie wykorzystywać sprzęt. Jednakże niewłaściwa lub niewystarczająca diagnostyka nawierzchni i podtorza niesie z sobą ryzyko utraty przez linię zdolności eksploatacyjnej.

Ocena nierówności toru jest jednym z najważniejszych działań diagnostyki nawierzchni kolejowej. Działające na pojazd dodatkowe przyspieszenia spowodowane nierównościami toru nie mogą przekroczyć określonego poziomu. Odształcenia muszą mieścić się w granicach tolerancji eksploatacyjnej, czyli dopuszczalnych odchyłek określanych ze względu na spokojność, a nie tylko bezpieczeństwo ruchu. Oprócz tego określa się dopuszczalne odchyłki obowiązujące podczas robót utrzymania nawierzchni. Przestrzeganie tych odchyłek decyduje o odstępie czasu między kolejnymi niezbędnymi naprawami. Zaniedbania w utrzymaniu prowadzą do powstania ryzyka skrócenia okresów międzyprzewodzących.

Dla nierówności toru na liniach KDP określa się maksymalną dopuszczalną odchyłkę od wartości średniej. Nierówności pionowe ocenia się dla trzech przedziałów długości fal odształcenia λ :

- D1 ($3 < \lambda \leq 25$ m),
- D2 ($25 < \lambda \leq 70$ m),
- D3 ($70 < \lambda \leq 150$ m);

nierówności poziome tylko dla przedziału D3.

Ustalono trzy granice odchyłek:

- odchyłki, po których przekroczeniu należy ocenić, czy nie powinny być przeprowadzone roboty utrzymania – poziom AL (*Alert Limit*, granica czujności);
- odchyłki, po których przekroczeniu konieczne są naprawy zapobiegające dalszemu narastaniu odształceń – poziom IL (*Intervention Limit*, granica działań planowych);
- odchyłki, których przekroczenie stwarza ryzyko wykołowania, więc wymaga natychmiastowej naprawy, ograniczenia prędkości pociągów lub wyłączenia toru z ruchu – poziom IAL (*Immediate Action Limit*, granica działań bezpośrednich) [1].

Na liniach KDP z nawierzchnią bezpodsytkową technologia napraw jest nieco inna. Wymiany szyn dokonuje się z użyciem wcześniejszych technologii, stosując niezbędne przekładki wyrównawcze w celu uzyskania właściwego położenia toru w obu płaszczyznach. Podobnie można stosować dotychczasowe technologie szlifowania szyn.

W przypadku nawierzchni niekonwencjonalnych zużycie szyn, także zużycie faliste, jest na ogół mniejsze, co pozwala na wydłużenie okresów między wymianami oraz szlifowaniem szyn, w tym również szlifowaniem prewencyjnym.

Problem wymiany nawierzchni niekonwencjonalnej po upływie okresu żywotności nie został dotąd rozwiązany. W przypadku bezpodsytkowych konstrukcji monolitycznych wymiana wymaga usunięcia całej nawierzchni. W pozostałych rozwiązaniach możliwa jest naprawa warstwy betonowej lub bitumicznej na miejscu, po usunięciu szyn i podkładów.

Analiza kosztów budowy i eksploatacji nawierzchni bezpodsytkowych powinna zatem uwzględniać specyfikę ich utrzymania, w tym naprawy w tunelach i na obiektach mostowych, stosowane technologie budowy, oszacowanie strat ruchowych wynikających z potrzeby wykonania napraw (np. wymiany pękniętych szyn). Należy także ocenić ryzyko utraty zdolności eksploatacyjnej przez linię kolejową. Szczególne ryzyko wiąże się z niewłaściwym przygotowaniem i odwodnieniem podtorza.

W celu zmniejszenia wibroakustycznych oddziaływań pociągów dużych prędkości na otoczenie stosuje się w nawierzchni rozwiązania konstrukcyjne sprzyjające częściowemu tłumieniu drgań w miejscu ich powstawania, ogranicza się możliwość przenoszenia drgań poprzez stosowanie ekranów akustycznych lub innych rozwiązań chroniących otoczenie przed ich oddziaływaniem. Między innymi układa się podtorowe maty wibroizolacyjne wykonywane z tworzyw sztucznych lub gumy, w postaci gotowych koryt lub arkuszy o różnych profilach. Rozróżnia się maty układane pod warstwą podsypki (SBM – *Sub Ballast Mats*) oraz układane pod płytami betonowymi (STM – *Sub Track Mats*). Uważa się, że skuteczność stosowania mat układanych pod warstwą podsypki jest najlepsza w przypadku drgań o częstotliwości ≥ 63 Hz, a pod konstrukcjami niekonwencjonalnymi przy ≥ 30 Hz.

Zastosowanie wspomnianych rozwiązań eliminuje ryzyko zbyt dużych oddziaływań wibroakustycznych pociągów dużych prędkości na środowisko naturalne.

Podsumowanie

Rozbudowa sieci linii dużych prędkości spowodowała zmianę podejścia do projektowania i realizacji kolejnych etapów budowy, a następnie eksploatacji linii KDP. Oprócz analizy kosztów uzyskania wymaganej trwałości obiektu i opracowania procedur zapewniających odpowiednią niezawodność, dyspozycyjność i naprawialność drogi kolejowej dokonuje się analizy ryzyka przedsięwzięć oraz zarządzania ryzykiem.

Procesy innowacyjne wprowadzane na etapie budowy oraz w eksploatacji linii dużych prędkości umożliwiają zmniejszenie ryzyka niedotrzymania wymagań RAMS. Doświadczenia wyniesione z eksploatacji linii dużych prędkości wskazują również na konieczność dokonywania analizy ryzyka przy podejmowaniu decyzji, umożliwiając zarządzanie ryzykiem w procesie inwestycyjnym. □

Literatura

- [1] Bałuch H.: *Badawcze aspekty przygotowań do wprowadzenia w Polsce dużych prędkości pociągów*. [w:] Materiały Naukowo-Techniczne Konferencji „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w kolejnictwie”. Kraków 2008.
- [2] Barrón de Angoitia I., Veitch A.: *Does high-speed rail contribute to a more sustainable transport system*. European Railway Review 1/2012.
- [3] *Design of new lines for speeds of 300–350 km/h*. State of the art, Report UIC. Paris 2009.
- [4] *HS TSI Infrastruktura*. Dz.Urz. UE nr L 77 z 19.03.2008 r.
- [5] *HS TSI Tabor*. Dz. Urz. UE nr L 84 z 26.03.2008 r.
- [6] *Maintenance of High Speed Lines*. Report UIC. Paris 2010.
- [7] Sienkiewicz P.: *Analiza ryzyka w zarządzaniu projektami* (www.witu.mil.pl)
- [8] Skrzyński E.: *Podtorze kolejowe*. KOW, Warszawa 2010.

prof. dr hab. inż. Kazimierz Towpik
 Politechnika Warszawska
 Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i Transportu
 we Wrocławiu