



Kazimierz Szadkowski

# Wybrane zagadnienia utrzymania kolejowych obiektów inżynierskich w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Odbudowany kolejowy mosty graniczny na kolejowym przejściu granicznym Kunowice (Polska) – Frankfurt/Oder (Niemcy)

Fot. Archiwum DB Netz AG

**Stan infrastruktury to jedno z podstawowych kryteriów do określenia poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego państwa i ważny czynnik wpływający na tempo wzrostu dochodu narodowego. Infrastruktura transportowa, poza budownictwem mieszkaniowym i infrastrukturą telekomunikacyjną, w bezpośredni sposób wpływa na jakość życia ludności. Stymuluje wzrost w innych sektorach gospodarki. Poprawa sprawności funkcjonowania kolejowego systemu transportowego, opartego o sprawną infrastrukturę kolejową, warunkuje podniesienie konkurencyjności gospodarki kraju.**

Ważnym elementem składowym infrastruktury kolejowej są kolejowe obiekty inżynierskie. Utrzymanie ich w sprawności technicznej pozwala na zachowanie wymaganych parametrów eksploatacyjnych zarządzanych linii kolejowych. Źródłem wiedzy o stanie technicznym kolejowych obiektów inżynierskich są wyniki badań diagnostycznych, realizowanych na podstawie obowiązujących w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. przepisów i instrukcji.

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. została utworzona w 2001 r. z mocy ustawy [1] przez Polskie Koleje Państwowe S.A. (PKP S.A.). Podstawowym zadaniem PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. jest prowadzenie działalności w zakresie zarządzania liniami kolejowymi. W rozumieniu ustawy [2] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. jest zarządcą infrastruktury kolejowej. Infrastruktura kolejowa w rozumieniu tej ustawy, to linie kolejowe oraz inne budowle, budynki i urządzenia wraz z zajętymi pod nie gruntami, usytuowane na obszarze kolejowym, przeznaczone do zarządzania, obsługi przewozu osób i rzeczy, a także utrzymania niezbędnego w tym celu majątku zarządcy infrastruktury.

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. zarządza liniami kolejowymi długości ponad 23 tys. km. Według stanu na 31.12.2008 r. eks-

platuowano 19 200,797 km linii kolejowych, na których długość eksploatowanych torów wynosiła 27 779,485 km [3]. Administrowana przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. infrastruktura kolejowa obejmuje: nawierzchnię kolejową (tory, rozjazdy), przejazdy kolejowe, kolejowe obiekty inżynierskie (mosty, wiadukty, przejścia pod torami, przepusty, tunele liniowe, kładki dla pieszych, ściany oporowe), budynki i budowle, sieć trakcyjną, urządzenia automatyki kolejowej.

Jednym z najważniejszych elementów infrastruktury kolejowej są kolejowe obiekty inżynierskie. Ich sprawność techniczna, określana przez parametry użytkowe, tj. wielkości charakteryzujące obiekt pod względem eksploatacyjnym, decyduje o parametrach użytkowych linii kolejowych, na których są one zlokalizowane (prędkość, dopuszczalny nacisk osi i na 1 m, skrajnia budowli).

## Podstawowe definicje i wymagania techniczne

Kolejowy obiekt inżynierski, zgodnie z warunkami technicznymi [4], to budowla będąca własnością zarządcy i wydzielona jako osobny środek trwały, należący do jednego z rodzajów:

- most – obiekt inżynierski umożliwiający przeprowadzenie linii kolejowej nad przeszkodami wodnymi, jak: rzeki, strumienie, kanały, jeziora, zatoki morskie, zalewy rzeczne, itp., o szerokości w świetle pod co najmniej jednym przęsłem większej niż 3,00 m;
- wiadukt – obiekt inżynierski umożliwiający przeprowadzenie linii kolejowej nad przeszkodami innymi niż przeszkody wodne, o szerokości w świetle pod co najmniej jednym przęsłem większej od 3,00 m;
- przejście pod torami – obiekt inżynierski, którego szerokość w świetle jest większa niż 3,00 m, usytuowany w obrębie stacji kolejowej lub związany funkcjonalnie ze stacją albo z przystankiem kolejowym, umożliwiający przeprowadzenie ciągu

ruchu pieszego lub ciągu transportu bagażu oraz przesyłek pod linią kolejową;

- przepust – obiekt inżynierski umożliwiający przeprowadzenie linii kolejowej nad przeszkodami o szerokości w świetle pojedynczego otworu mniejszej lub równej 3,00 m;
- tunel liniowy – obiekt inżynierski umożliwiający przeprowadzenie linii kolejowej pod powierzchnią terenu;
- kładka dla pieszych – obiekt inżynierski umożliwiający przeprowadzenie nad linią kolejową lub inną przeszkodą ciągu ruchu pieszego;
- ściana oporowa – obiekt inżynierski mający na celu zabezpieczenie skarp nasypu lub przekopu linii kolejowej.

Stan techniczny kolejowego obiektu inżynierskiego lub jego elementu jest miarą zgodności aktualnych wartości parametrów technicznych obiektu (elementu) z wartościami projektowanymi. Przydatność użytkowa tego obiektu jest miarą zgodności aktualnych wartości parametrów użytkowych obiektu z wymaganymi wartościami tych parametrów.

Przez utrzymanie obiektu rozumie się całość działań technicznych i organizacyjnych mających na celu zapewnienie właściwego stanu technicznego i wymaganej przydatności użytkowej kolejowego obiektu inżynierskiego.

Warunki techniczne [3] mają zastosowanie do eksploatowanych i projektowanych kolejowych obiektów inżynierskich, usytuowanych w ciągach normalnotorowych linii kolejowych użytku publicznego, na których dopuszczalna prędkość taboru nie przekracza 160 km/h.

Dla obiektów inżynierskich, na których prędkość taboru przekracza 160 km/h lub usytuowanych w ciągu linii kolejowych o innej szerokości niż 1435 mm, obowiązują odrębne standardy techniczne.

Dla każdego rodzaju kolejowego obiektu inżynierskiego obowiązują zdefiniowane, podstawowe określenia i definicje, odnoszące się do materiału dźwigarów głównych, ukształtowania przęseł w planie, parametrów geometrycznych przęseł, parametrów geometrycznych obiektów, rodzaju materiałów. Dla wszystkich rodzajów kolejowych obiektów inżynierskich określone zostały szczegółowe wymagania techniczne dotyczące elementów konstrukcyjnych, elementów wyposażenia i elementów obcych. Dotyczy to przede wszystkim:

- wymagań w odniesieniu do elementów konstrukcyjnych mostów i wiaduktów:
  - wspólnych dla przęseł,
  - stalowych przęseł mostów i wiaduktów,
  - masywnych przęseł mostów i wiaduktów,
  - podpór,
  - łożysk,
  - wymagań w odniesieniu do elementów wyposażenia:
    - systemu odwodnienia,
    - zabezpieczenia przeciwporażeniowego,
    - zabezpieczenia przeciwpożarowego,
    - chodników służbowych,
    - chodników użytku publicznego,
    - urządzeń kontrolnych,
    - urządzeń rewizyjnych.



Fot. 1. Zmodernizowany wiadukt kolejowy nad ul. Lubicz w Krakowie

Fot. K. Szadkowski



Fot. 2. Tunel liniowy na stacji Tunel na linii Warszawa – Kraków

Fot. K. Szadkowski

Ogólne wymagania techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich dotyczą także wymagań dla:

- konstrukcji toru kolejowego,
- skrajni budowli,
- dopuszczalnej prędkości taboru na obiektach inżynierskich,
- nośności obiektów,
- wymagań dotyczących obiektów na terenach występowania szkód górniczych,
- wymagań ze względu na przekraczaną przeszkodę,
- wymagań dla materiałów konstrukcyjnych,
- wymagań dla posadowienia obiektów inżynierskich, ochronę obiektów przed korozją,
- wymagań dla podtorza na obiektach inżynierskich,
- wymagań dla dokumentacji technicznej obiektów.

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. utrzymuje kolejowe obiekty inżynierskie, realizując system utrzymania określony obowiązującą instrukcją w tym zakresie [5]. Zapisy tej instrukcji mają zastosowanie do eksploatowanych kolejowych obiektów inżynierskich, usytuowanych w ciągach normalnotorowych linii kolejowych użytku publicznego, na których dopuszczalna prędkość taboru nie przekracza 160 km/h i kolejowych obiektów inżynierskich wyłączonej.

czonych z eksploatacji. Podstawowe zasady organizacji systemu utrzymania kolejowych obiektów inżynierskich obejmują:

- zarządzanie utrzymaniem,
- diagnostykę obiektów,
- planowanie robót utrzymaniowych,
- realizację i odbiór robót utrzymaniowych,
- prowadzenie dokumentacji budowlanej i utrzymaniowej.

Podstawowym celem realizowanego procesu bieżącej diagnostyki kolejowych obiektów inżynierskich jest określenie stanu technicznego i przydatności użytkowej utrzymywanych obiektów. W strukturze organizacyjnej PKP PLK S.A. proces diagnostyczny realizowany jest obecnie w 27 zakładach linii kolejowych, przez własny personel i systemem zleconym.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowane są wnioski w zakresie:

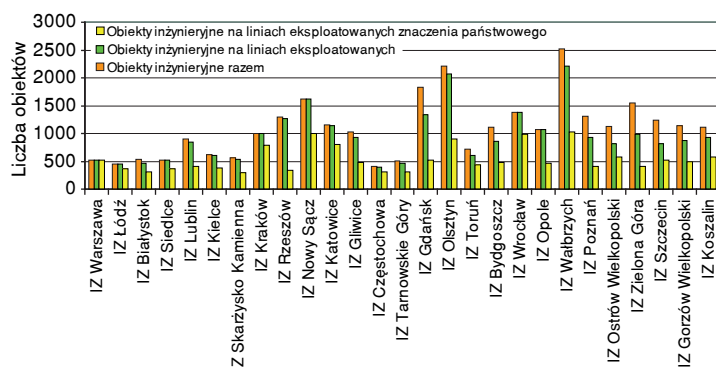
- wykazu stwierdzonych usterek wymagających pilnego usunięcia.

- potrzeby podjęcia działań naprawczych w szerszym zakresie lub zmiany obowiązujących parametrów techniczno-eksploatacyjnych.

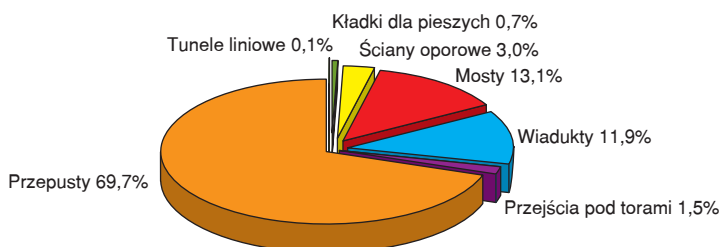
## Statystyka

Spółka PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., w końcu 2008 r., na zarządzanych liniach kolejowych, utrzymywała ogółem 29 142 kolejowe obiekty inżynierskie (29 457 według stanu na 31.12.2007 r., 30 483 – 31.12.2006 r., 30 735 – 31.12.2005 r. i 32 229 – 31.12.2004 r.), o łącznej długości eksploatacyjnej 796 751,0 m (784 748,68 m według stanu na 31.12.2007 r., 806 198,42 m – 31.12.2006 r., 811 287,3 m – 31.12.2005 r. i 831 891,12 m – 31.12.2004 r.), w tym:

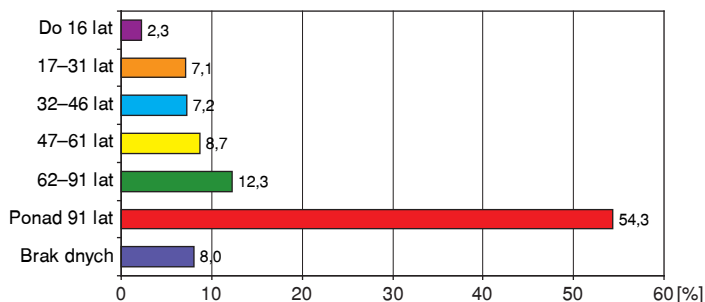
- 3639 mostów, o łącznej długości eksploatacyjnej 137 703,3 m;
- 3264 wiadukty, o łącznej długości eksploatacyjnej 87 012,8 m;
- 396 przejść pod torami, o łącznej długości eksploatacyjnej 13 285,2 m;
- 20 848 przepustów, o łącznej długości eksploatacyjnej 397 140,2 m;
- 25 tuneli liniowych, o łącznej długości eksploatacyjnej 20 614,4 m;
- 178 kładek dla pieszych, o łącznej długości eksploatacyjnej 17 579,5 m;
- 792 ściany oporowe, o łącznej długości eksploatacyjnej 123 415,7 m.



Rys. 1. Zestawienie liczby kolejowych obiektów inżynierskich w utrzymaniu zakładów linii kolejowych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. na liniach eksploatacyjnych wg stanu na koniec 2008 r.



Rys. 2. Struktura rodzajowa kolejowych obiektów inżynierskich w utrzymaniu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. na liniach eksploatacyjnych wg stanu na koniec 2008 r.



Rys. 3. Struktura wiekowa obiektów inżynierskich w utrzymaniu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Na liniach eksploatacyjnych utrzymaniem objętych było 25 675 obiektów inżynierskich (88,1% ogółem), o łącznej długości eksploatacyjnej 736 006,5 m (92,49% ogółem), w tym:

- 14 841 obiektów (50,9% ogółem), o łącznej długości eksploatacyjnej wynoszącej 506 840,2 m (63,6% ogółem) na eksploatacyjnych liniach znaczenia państwowego;
- 10 834 obiektów (37,2% ogółem), o łącznej długości eksploatacyjnej wynoszącej 229 162,2 m (28,8% ogółem) na eksploatacyjnych liniach pozostałych.

Pozostałe 3467 obiektów, o łącznej długości eksploatacyjnej 60 744,5 m, to obiekty na liniach wyłączonych z eksploatacji, zlikwidowanych i poza liniami.

## Stan techniczny i ograniczenia parametrów użytkowych kolejowych obiektów inżynierskich

Podstawą do oceny stanu technicznego kolejowych obiektów inżynierskich w utrzymaniu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. są wyniki realizowanych badań diagnostycznych. Zestawione są one w sporządzanym corocznie raporcie o stanie technicznym, zawsze według stanu na ostatni dzień danego roku kalendarzowego. Raport ten jest syntezą wiedzy o stanie technicznym obiektów inżynierskich, sporządzoną na podstawie wyników badań diagnostycznych, wykonanych zgodnie z obowiązującymi procedurami diagnostycznymi instrukcji [5].

Wyniki tych ocen stanowią podstawę dla:

- szacowania potrzeb w zakresie rzeczowym i finansowym dla robót utrzymaniowo-naprawczych i zadań inwestycyjnych kolejowych obiektów inżynierskich, niezbędnych do realizacji dla odtworzenia ich pierwotnych parametrów użytkowych, usunięcia zagro-

żeń, wprowadzenia nowych ograniczeń eksploatacyjnych lub pogłębienia ograniczeń już obowiązujących;

- sporządzenia rocznych planów operacyjnych dla robót utrzymaniowo-naprawczych;
- sporządzenia planów zadań inwestycyjnych finansowanych ze środków własnych i pomocowych;
- opracowania długookresowych planów strategicznych Spółki w zakresie robót utrzymaniowo-naprawczych i planów zadań inwestycyjnych kolejowych obiektów inżynierskich na zarządzanych liniach kolejowych;
- prowadzenia bieżących analiz wniosków o uruchomienie dodatkowych robót i zadań i dodatkowe limity kosztów.

Według stanu na koniec 2008 r. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. na liniach eksploatowanych utrzymywała 25 675 kolejowych obiektów inżynierskich, o łącznej długości eksploatacyjnej 736 006,5 m.

2027 obiektów inżynierskich (2112 według stanu na koniec 2007 r., 1943 – 31.12.2006 r., 1528 – 31.12.2005 r., 1518 – 31.12.2004 r., 1347 – 31.12.2003 r.) wymagało pilnego podjęcia robót utrzymaniowo-naprawczych lub inwestycyjnych, w celu przywrócenia im pierwotnych parametrów użytkowych, likwidacji wprowadzonych ograniczeń eksploatacyjnych, usunięcia zagrożenia wprowadzeniem do końca 2009 r. nowych ograniczeń eksploatacyjnych lub powiększenia ograniczeń eksploatacyjnych obowiązujących już w końcu 2008 r.

Koszt robót odtworzenia pierwotnych parametrów użytkowych tych 2027 obiektów inżynierskich oszacowany został na około 1,8 mld zł, z tego około 1,5 mld zł dla 1348 obiektów na eksploatowanych liniach znaczenia państwowego i 0,3 mld zł dla 679 obiektów na eksploatowanych liniach pozostałych.

Z ogólnej liczby 25 675 kolejowych obiektów inżynierskich, utrzymywanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., według stanu na koniec 2008 r. na liniach eksploatowanych:

- 21 kolejowych obiektów inżynierskich (19 według stanu na koniec 2007 r., 32 – na koniec 2006 r., 34 – na koniec 2005 r., 28 – na koniec 2004 r.) wyłączonych było z eksploatacji z uwagi na ich stan techniczny, uniemożliwiający zachowanie bezpieczeństwa ruchu kolejowego nawet przy wprowadzeniu najostrożniejszych ograniczeń warunków eksploatacyjnych, z tego:
  - 16 obiektów wyłączonych było z eksploatacji na eksploatowanych liniach znaczenia państwowego,
  - 3 obiekty wyłączone były z eksploatacji na eksploatowanych liniach pozostałych;
- 136 kolejowych obiektów inżynierskich (148 według stanu na koniec 2007 r., 115 – na koniec 2006 r., 98 – na koniec 2005 r., 89 – koniec 2004 r.) było zagrożonych wyłączeniem z eksploatacji do końca 2009 r. z uwagi na ich obecny stan techniczny, z tego:
  - 80 obiektów na eksploatowanych liniach znaczenia państwowego,
  - 56 obiektów na eksploatowanych liniach pozostałych;
- 845 kolejowych obiektów inżynierskich (858 według stanu na koniec 2007 r., 823 – na koniec 2006 r., 479 – na koniec



Fot. 3. Modernizowany wiadukt kolejowy w Psarach na linii CMK

Fot. K. Szadkowski



Fot. 4. Modernizacja wiaduktu kolejowego na linii kolejowej Warszawa – Kraków

Fot. K. Szadkowski

2005 r., 513 – na koniec 2004 r.) użytkowanych było z ograniczeniem eksploatacyjnym prędkości, nośności, skrajni i wymagały podjęcia robót remontowych lub inwestycyjnych dla przywrócenia im pierwotnych parametrów użytkowych;

- 1025 kolejowych obiektów inżynierskich (1087 według stanu na koniec 2007 r., 973 – na koniec 2006 r., 917 – koniec 2005 r., 888 – koniec 2004 r.) zagrożonych było wprowadzeniem nowych ograniczeń eksploatacyjnych lub pogłębieniem ograniczeń już obowiązujących, w perspektywie do 31.12.2009 r. Zagrożenie to wynikało z przewidywanego pogorszenia ich stanu technicznego, mogącego mieć wpływ na bezpieczeństwo ruchu kolejowego przy zachowaniu dotychczasowych parametrów eksploatacyjnych.

Pozostałe obiekty użytkowane były bez ograniczeń eksploatacyjnych i wymagają jedynie bieżących robót konserwacyjnych i napraw o niewielkim zakresie. Pamiętać należy, że stan dotyczy aktualnych parametrów użytkowych linii kolejowych, w ciągu których są one użytkowane. Każda zmiana standardu linii kolejowej w zakresie dopuszczalnego nacisku na oś i 1 m, prędkości i skraj-

ni budowlu wymusza podjęcie robót pełnej modernizacji obiektu inżynierskiego dla uzyskania tego standardu.

Do podstawowych przyczyn kwalifikowania obiektów inżynierskich do remontów należą:

- w mostach i wiaduktach stalowych:
  - uszkodzenia korozyjne konstrukcji przęseł i łączników spowodowane długim okresem ich eksploatacji,
  - dużą i ciągle zwiększającą się agresywnością środowiska, niedostatecznym poziomem bieżącego ich utrzymania;
- w mostach i wiaduktach masywnych:
  - korozję betonu i stali zbrojonej (przyczyny jak w obiektach stalowych),
  - zły stan izolacji i dylatacji,
  - pęknięcia sklepień murowanych (wskutek przeciążenia lub erozji),
  - uszkodzenia przez pojazdy kołowe (brak skrajni drogowej);
- w przejściach pod torami:
  - korozję konstrukcji nośnych i zadaszeń wyjść;
- w tunelach liniowych:
  - brak lub zły stan izolacji (przecieki),
  - uszkodzenia obudowy tuneli,
  - brak zachowania wymaganej skrajni budowlu linii kolejowej;
- w przepustach:
  - korozję konstrukcji (beton, stal, cegła),
  - zły stan izolacji,
  - uszkodzenia i pęknięcia konstrukcji.

## Podstawowe kierunki działań

Proces degradacji stanu technicznego obiektów inżynierskich przebiega z różną intensywnością i jest uzależniony od rodzaju obiektu, jego konstrukcji, roku budowy, lokalizacji i obciążenia przewozami linii kolejowej. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. prowadzi bieżące analizy dla wyspecyfikowania podstawowych problemów utrzymaniowych, oceny intensywności ich przebiegu, poszukiwania nowych rozwiązań w zakresie technologii napraw, konstrukcji obiektów i nawierzchni kolejowej na obiektach. Konfrontuje je z wnioskami podobnych analiz innych europejskich zarządów kolei w trakcie prac realizowanych w ramach projektów badawczych finansowanych przez Komisję Unii Europejskiej i wynikami prac realizowanych w ramach współpracy dwustronnej z krajowymi ośrodkami naukowo-badawczymi (Politechnika Warszawska, Instytut Podstawowych Problemów Technicznych PAN, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Wojskowa Akademia Techniczna).

Celem tych działań jest:

- opracowanie nowoczesnych i możliwych do zastosowania metod oceny stanu technicznego mostów kolejowych;
- wyselekcjonowanie i scharakteryzowanie powszechnych typów degradacji mostów;
- dokonanie przeglądu stanu wiedzy na temat oceny nośności mostów kolejowych;
- opracowanie warunków technicznych dla kolejowych obiektów inżynierskich na liniach do prędkości 250 km/h i na liniach do prędkości 350 km/h, uwzględniających nowe wymagania w zakresie stanów granicznych nośności (oddziaływania dynamiczne i statyczne, oddziaływania aerodynamiczne, trwałość zmęczeniowa konstrukcji), stanów granicznych użyteczności (dopuszczalne przemieszczenia konstrukcji, dopuszczalne

drżania i przyspieszenia), nawierzchni kolejowej na obiektach, skrajni budowlanej, wynikających z zakresów prędkości linii kolejowych, na których będą zlokalizowane;

- poszukiwanie i wprowadzanie nowych wymagań w zakresie materiałów i technologii, skracających czas realizacji robót i wydłużających trwałość budowlu;
- zaproponowanie wiarygodnej, nowoczesnej i ekonomicznie uzasadnionej metody ciągłego monitorowania stanu technicznego mostów kolejowych;
- dokonanie przeglądu i wybór technicznych, bezpiecznych ekologicznie, nie zakłócających metod naprawy i wzmacniania utrzymywanych mostów kolejowych.

Od połowy 2007 r. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., w ramach porozumienia o współpracy w sprawie realizacji 3-letniego projektu badawczo-rozwojowego *System monitorowania i diagnostyki konstrukcji dla konstrukcji o wysokim poziomie ryzyka awarii*, współpracuje z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk (IPPT PAN), w zakresie realizacji badań dotyczących monitorowania stanu technicznego konstrukcji. Współpraca między obu instytucjami powinna przynieść PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. wymierne korzyści w postaci nowych, nowoczesnych metod bieżącego monitorowania stanu technicznego konstrukcji, wspomagających proces podejmowania decyzji odnośnie utrzymania i eksploatacji stalowych mostów kolejowych.

Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki RP ma na celu opracowanie systemów monitorujących stan konstrukcji w celu ostrzegania o możliwych sytuacjach awaryjnych. Systemy mają być przeznaczone do zastosowania w lotnictwie, energetyce, przemyśle chemicznym oraz dla konstrukcji budowlanych, takich jak: hale przemysłowe, wystawowe i widowiskowe, stadiony sportowe, mosty i wiadukty kolejowe oraz drogowe. Projekt dotyczy opracowania metod umożliwiających poprawę bezpieczeństwa i wydłużenia życia konstrukcji. Problem analizowany w projekcie wymaga udzielenia odpowiedzi na pytanie, jak wykrywać i identyfikować wielkość oraz położenie uszkodzeń oraz jak określać na podstawie tych informacji czas życia konstrukcji pozostały do jej zniszczenia. Oprócz IPPT PAN w projekcie uczestniczą: Akademia Górniczo-Hutnicza (koordynator) z Krakowa, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk z Gdańska oraz firma EC Electronics z Krakowa.

W czasie trwania projektu PKP PLK S.A. udostępni IPPT PAN do badań nieniszczących stalowy most kolejowy nad Kanałem Żerańskim w Nieporęcie. Planowany system monitorowania stanu technicznego badanego mostu kratownicowego składa się z następujących podsystemów:

- oprzyrządowanie szyn toru kolejowych przed mostem w czujniki piezoelektryczne nowej generacji, do ważenia taboru kolejowego w ruchu, w celu ustalenia charakteru obciążenia dynamicznego wywieranego przez tabor na konstrukcję mostu;
- oprzyrządowanie elementów nośnych mostu w czujniki piezoelektryczne nowej generacji do monitorowania stanu odkształceń elementów kratownicy mostowej, w celu pozyskania odpowiedzi konstrukcji na obciążenie dynamiczne od przejeżdżającego taboru;
- oprzyrządowanie do bezprzewodowej transmisji danych pomiarowych, umożliwiające przestanie zebranych danych do centrum obliczeniowego, w celu dokonania analizy stanu technicznego mostu;

- wykalibrowany model numeryczny analizowanej konstrukcji mostowej.

Od czerwca 2007 r. zespół Zakładu Technologii Inteligentnych IPPT PAN przeprowadził kilka kampanii pomiarowych na wybranym obiekcie mostowym. Z dotychczasowych pomiarów wynika, że podsystem:

- **1** daje obiecujące, powtarzalne rezultaty ważenia taboru, pod warunkiem wstępnej kalibracji czujników, możliwej dzięki rejestracji przejazdu taboru o znanych masach. Informacje, jakie można uzyskać z podsystemu 1 to prędkość przejeżdżającego taboru, naciski z poszczególnych osi wagonów, zliczanie osi; dalsze badania będą zmierzać do określenia dokładności nacisku na oś taboru kolejowego w ruchu;
- **2** został wstępnie przetestowany z pozytywnym wynikiem – problemem okazuje się dość znaczący szum pomiarowy wynikający z charakteru wymuszenia o szerokim spektrum częstotliwości, zastosowanie odpowiedniej obróbki sygnału pomoże odfiltrować niepożądane efekty;
- **3** jest aktualnie w fazie składania podzespołów w całość – badania laboratoryjne pokazują, że możliwy jest lokalny zasięg transmisji bezprzewodowej do około 50 m, przy zapotrzebowaniu mocy rzędu 20 mW na jeden punkt pomiarowy, zasilanie całości zapewni bateria fotowoltaiczna; transmisja danych do centrum obliczeniowego będzie przeprowadzona za pomocą internetu;
- **4**, czyli model numeryczny mostu jest niezbędnym składnikiem całości, umożliwiającym analizę numeryczną – niezwykle istotnym zagadnieniem jest kalibracja tego modelu, to jest dopasowanie jego odpowiedzi do pomiarów zebranych przez podsystem 2.

Trwają prace nad tworzeniem modelu numerycznego na podstawie dokumentacji technicznej, udostępnionej przez PKP PLK S.A. Kalibracja nastąpi po zbudowaniu modelu.

Częściowe wyniki projektu zaprezentowano na międzynarodowej konferencji *4th European Workshop on Structural Health Monitoring*, która odbyła się w Krakowie, 2–4 lipca 2008 r. Bieżące wyniki prac będą prezentowane na kolejnej międzynarodowej konferencji w 2009 r. we Wrocławiu.

## Kolejowe mosty graniczne

Kolejowe mosty graniczne to grupa obiektów inżynierskich będąca pod specjalnym nadzorem PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Ich stan techniczny decyduje o jakości i sprawności styku polskiej infrastruktury kolejowej z infrastrukturą sąsiednich zarządców infrastruktury kolejowej, decydujących o utrzymaniu komunikacji międzynarodowej.

Z ogólnej liczby 3642 mostów utrzymywanych 31.12.2008 r. na liniach kolejowych przez Spółkę PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., 21 mostów to kolejowe mosty graniczne. Dzięki tym mostom polska infrastruktura kolejowa jest połączona z infrastrukturą kolejową Niemiec, Czech, Ukrainy i Białorusi.

Polska i niemiecka infrastruktura kolejowa połączona jest 14 mostami kolejowymi, w tym trzema mostami przez rzekę Odrę



Fot. 5. Most kolejowy nad Kanalem Żerańskim w Nieporęcie, poddawany badaniom  
Fot. archiwum IPPT PAN



Rys. 6. Czujnik piezoelektryczny z okablowaniem, zamontowany na elemencie nośnym mostu  
Fot. archiwum IPPT PAN



Rys. 7. Pociąg osobowy, pobudzający konstrukcję mostu do odpowiedzi dynamicznej  
Fot. archiwum IPPT PAN

i jedenastoma przez Nysę Łużycką. Dwa mosty kolejowe łączą polską i czeską infrastrukturę kolejową, jeden przez rzekę Odrę i jeden przez Olzę. Połączenie normalnotorowej i szerokotorowej linii kolejowych w utrzymaniu PKP PLK S.A. z infrastrukturą kolejową Ukrainy realizowane jest przez dwa mosty kolejowe na rzece Bug.

Polska i Białoruska sieć linii kolejowych połączona jest trzema liniami kolejowymi, splotami torów szerokości 1435 mm i 1520 mm, ułożonych na dwóch mostach przez Bug i jednym przez rzekę Swistoczek pod Zubkami Białostockimi. Na granicach Polski ze Słowacją, Litwą i Rosją (Obwód Kaliningradzki) nie ma kolejowych mostów granicznych.

Podział własności konstrukcji kolejowych mostów granicznych między zarządy kolei oraz ich obowiązków w zakresie utrzymania i ponoszenia kosztów z tym związanych ściśle regulują zapisy obowiązujących porozumień granicznych, zawartych na podstawie zapisów umów międzyrządowych, zawartych oddzielnie przez Polskę z każdym z państw sąsiednich. Szczegółowe rozwiązania w tym zakresie są zróżnicowane. I tak kolejowe mosty graniczne pomiędzy Polską i Niemcami, Polską i Ukrainą oraz Polską i Białorusią zostały rozdzielone na mosty, które w całości są środkiem trwałym jednej ze stron i każda ze stron, we własnym zakresie i na własny koszt realizuje roboty utrzymaniowe, pozwalające na utrzymanie ich właściwego stanu technicznego i zachowanie bezpieczeństwa. W przypadku kolejowych mostów granicznych pomiędzy Polską i Czechami i mostu pomiędzy Polską i Niemcami na linii tranzytu uprzywilejowanego Zittau – Liberec, każdy z zarządców infrastruktury jest właścicielem tej części konstrukcji mostu, która jest zlokalizowana do granicy państwowej. W przypadku przęsła nurtowego mostu, granica własności przebiega w połowie jego długości, bez względu na to, w którym miejscu przebiega obecnie nurt rzeki granicznej wyznaczający granicę państwową. Podział kosztów utrzymania przęsła nurtowego jest ustalony procentowo przez obie strony i zapisany w porozumieniu.

Sprawność techniczna kolejowych mostów granicznych podlega wspólnej kontroli przez obu sąsiednich zarządców infrastruktury kolejowej. Wnioski z tych kontroli są zapisywane w protokołach wspólnych ustaleń obu zarządców kolei, które później są traktowane, jako zobowiązania o wysokim priorytecie realizacji.

W Dzienniku Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej nr 68 z 6 maja 2009 r., w części poświęconej umowom międzynarodowym opublikowano dwa bardzo ważne dokumenty, na których ukazanie się w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. oczekiwano od końca lutego 2008 r. W pierwszym z nich (Dz.U. nr 68/2009, poz. 577), Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej, w imieniu Rzeczypospolitej Polskiej podał do powszechnej wiadomości, że 26 lutego 2008 r. we Frankfurcie nad Odrą została podpisana *Umowa między Rzeczpospolitą Polską a Republiką Federalną Niemiec o budowie i utrzymaniu granicznych obiektów mostowych w ciągu linii kolejowych o znaczeniu państwowym w Rzeczypospolitej Polskiej i w ciągu federalnych linii kolejowych w Republice Federalnej Niemiec*, w brzmieniu podanym w tym ogłoszeniu. W drugim dokumencie Minister Spraw Zagranicznych w Oświadczeniu rządowym z 21 kwietnia 2009 r. w sprawie mocy obowiązującej *Umowy między Rzeczpospolitą Polską a Republiką Federalną Niemiec o budowie i utrzymaniu granicznych obiektów mostowych w ciągu linii kolejowych o znaczeniu państwowym w Rzeczypospolitej Polskiej i w ciągu federalnych linii kolejowych w Republice Federalnej Niemiec*, podpisanej we Frankfurcie n. Odrą 26 lutego 2008 r. (Dz.U. nr 68/2009, poz. 578) oświadczył, że zgodnie z art.23 ust. 2 umowy wchodzi ona w życie 1 maja 2009 r.

Oba dokumenty są zwięźczeniem trwających ponad 2 lata prac delegacji rządowych Polski i Niemiec dla negocjacji warunków tej umowy. We wszystkich spotkaniach temu poświęconych,

w ramach delegacji Ministerstwa Infrastruktury RP udział brali eksperci Biura Dróg Kolejowych i Biura Współpracy Międzynarodowej Centrali Spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Ich zadanie polegało na przygotowaniu projektów zapisów umowy i załączników do umowy i wspomaganie Ministerstwa Infrastruktury RP w procesie uzgodnień wewnętrznych.

Uroczyste podpisanie umowy 26 lutego 2008 r. we Frankfurcie nad Odrą przez ministrów właściwych do spraw transportu Rządu Polski i Niemiec stanowiło sygnał do rozpoczęcia żmudnej procedury ratyfikacji przez każde z państw, zgodnie z obowiązującą procedurą. 26 września 2008 r. Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej umowę ratyfikował. Prezydent Republiki Federalnej Niemiec uczynił to w końcu 2008 r. Zgodnie z art. 23 ust. 1 umowy przystąpiono do wymiany dokumentów ratyfikacyjnych, której zakończenie umożliwiło wejście umowy w życie 1 maja 2009 r.

Umowa między Rzeczpospolitą Polską a Republiką Federalną Niemiec o budowie i utrzymaniu granicznych obiektów mostowych w ciągu linii kolejowych o znaczeniu państwowym w Rzeczypospolitej Polskiej i w ciągu federalnych linii kolejowych w Republice Federalnej Niemiec reguluje zasady budowy i utrzymania granicznych obiektów mostowych. Integralną jej częścią są załączniki A i B. Załącznik A określa obowiązki w zakresie budowy granicznych obiektów mostowych, a załącznik B – obowiązki umawiających się stron w zakresie utrzymania granicznych obiektów mostowych.

Ustalenia umowy określiły zasady prowadzenia budowy (odbudowy) granicznych obiektów mostowych, stosowania norm technicznych i przepisów budowlanych, uzgodnień, odbioru robót i podziału kosztów. W odniesieniu do utrzymania zakres ustaleń objął dodatkowo procedurę wymiany dokumentacji, informowania o planowanych robotach i przeprowadzanie badań według nowych, dotychczas nie stosowanych procedur. Do umożliwienia realizacji takiego zakresu działań koniecznym było ustalenie nowych zasad wzajemnego informowania się, prawa wstępu, regulacji podatkowych, ochrony danych osobowych i regulacji dotyczących prawa pracy. Wszystkie ustalenia stron dokonywane były we wzajemnym poszanowaniu prawa krajowego. Różnice tego prawa wymusiły ustalenie nowych regulacji, uzgodnionych wspólnie, które będąc zapisane w ratyfikowanej umowie międzynarodowej będą nadrzędnymi w stosunku do prawa krajowego.

Do zapewnienia przestrzegania postanowień tej umowy, wyjaśnienia spraw związanych z jej interpretacją lub stosowaniem i ewentualnego zgłaszania zmian utworzono polsko-niemiecką Wspólną Grupę Roboczą, której członków wyznaczają umawiające się strony. Umowa zawarta została na czas nieokreślony. Może zostać wypowiedziana w drodze notyfikacji, z zachowaniem pięcioletniego terminu wypowiedzenia na koniec roku kalendarzowego, jednakże nie wcześniej niż 20 lat od daty jej wejścia w życie.

Prace nad tą umową prowadzone były cały czas ze świadomością pilnej potrzeby przystąpienia przez niemieckiego narodowego zarządcę infrastruktury kolejowej do robót odbudowy mostu granicznego między Śtubicami i Frankfurtem nad Odrą. Pomimo podpisania umowy przed rozpoczęciem przez DB Netz AG robót odbudowy mostu nie udało się skorzystać z dobrodziejstw jej zapisów. Tempo prac wyprzedziło proces ratyfikacji umowy.

Wejście w życie umowy umożliwiła znaczne uproszczenie i ułatwienie prac projektowania, uzgadniania dokumentacji technicznych, uzyskiwania uzgodnień, organizacji robót i odbioru robót odbudowy mostu granicznego przez Nysę Łużycką między

Węglińcem i Horką, w ciągu linii E30, przez PKP PLK S.A. Udział ekspertów PKP PLK S.A. w pracach nad umową i w negocjacjach pozwolił im na zdobycie cennego doświadczenia we współpracy międzynarodowej, które procentuje w trakcie prowadzenia negocjacji z kolejnymi zarządami kolei do ustalenia warunków budowy i utrzymania granicznych obiektów mostowych.

## Podsumowanie i wnioski

Stan techniczny kolejowych obiektów inżynierskich, utrzymywanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., a w konsekwencji ich parametry eksploatacyjne, są wynikiem utrzymywania się wieloletnich zaległości w odtwarzaniu ich parametrów użytkowych.

Za podstawowe przyczyny występującej degradacji stanu technicznego utrzymywanych kolejowych obiektów inżynierskich uznać należy:

- niekorzystną strukturę wiekową utrzymywanych obiektów, nieznacznie tylko zmienianą corocznie w wyniku kończenia realizacji robót inwestycyjnych w ciągu międzynarodowych korytarzy transportowych;
- zmienione warunki eksploatacji w stosunku do tych, na jakie obiekty te były projektowane, szczególnie w zakresie zwiększania prędkości pociągów (pasażerskich i towarowych), nacisku na oś i na 1 m toru, a co za tym idzie, zwiększenia oddziaływań dynamicznych na konstrukcje obiektów;
- długotrwałe eksploataowanie uszkodzonych obiektów inżynierskich w warunkach ograniczeń eksploatacyjnych, skutkujące przyspieszoną degradacją ich stanu technicznego i w efekcie zwiększonym zakresem robót utrzymaniowo-naprawczych do realizacji w kolejnych latach, w oczekiwaniu na środki utrzymaniowe;
- zniszczenia wywołane przez powódź, nie usunięte do dnia dzisiejszego;
- degradujący wpływ szkód górniczych, szczególnie intensywnych na terenie Górnego Śląska.

Do zapobieżenia dalszej degradacji i odbudowy parametrów użytkowych kolejowych obiektów inżynierskich PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. kierkuje swoje dalsze działania na dążeniu, aby:

- zakres rzeczowy robót każdorazowo uwzględniał potrzebę uzyskania wszystkich parametrów technicznych wynikających z obowiązujących warunków technicznych dla kolejowych obiektów inżynierskich, bez ograniczeń;
- zakres robót utrzymaniowych obejmował także roboty zabezpieczenia antykorozyjnego konstrukcji stalowych i betonu do wydłużenia żywotności konstrukcji obiektów i zachowania parametrów użytkowych, we wszystkich lokalizacjach tego wymagających, bez ograniczeń;
- zakresy robót i szacunki ich kosztów, określone i oszacowane przez diagnostów w zakładach linii kolejowych, przytoczone w raporcie nie odbiegały od ostatecznych w projektach i kosztorysach;
- w procesie opracowywania założeń dokumentacji technicznych napraw i modernizacji kolejowych obiektów inżynierskich uwzględniać potrzebę pra-



Fot. 8. Kontrola stanu technicznego kolejowego mostu granicznego na kolejowym przejściu granicznym Terespol (Polska) – Brześć (Białoruś)

Fot. K. Szadkowski



Fot. 9. Stary kolejowy most graniczny na przejściu granicznym Frankfurt (Oder) – Kunowice

Fot. K. Szadkowski



Fot. 10. Odbudowa nowego kolejowego mostu granicznego na przejściu granicznym Kunowice (Polska) – Frankfurt/Oder (Niemcy)

Fot. K. Szadkowski



widowego projektowania (kształtowania) konstrukcji mostowych, jako czynnej metody ich ochrony przed korozją, spowolnienia degradacji parametrów użytkowych i ograniczenia kosztów utrzymania; dotyczyć to powinno nowych materiałów i ich połączeń, schematów statycznych obiektów wpływających na ich trwałość, optymalnego kształtowania przekrojów poprzecznych i ich usztywnień, dla ograniczenia zjawiska korozji, nowych typów konstrukcji mostowych, umożliwiających sprawne i szybkie odprowadzanie wody, łatwe osuszanie konstrukcji, naturalne oczyszczanie konstrukcji, niewytwarzanie częściowo zamkniętych przestrzeni;

- kontynuować analizy rozwiązań w zakresie nawierzchni kolejowej na obiektach inżynieryjnych, stosowanych obecnie na kolejach międzynarodowych związków kolei (UIC i OSŽD), pod kątem ich konstrukcji, łatwości montażu, oceny trwałości, kosztów utrzymania, spełnienia wymagań w zakresie ekologii, w tym w szczególności nawierzchnie przytwierdzone bezpośrednio do konstrukcji przęsta;
- prowadzić działania w celu poszukiwania optymalnych rozwiązań przejść „nasyp-most” (*bridge ends*), do sformułowania nowych zaleceń projektowych i utrzymaniowych.



## Literatura

- [1] Ustawa z 8 września 2000 r. o komercjalizacji i prywatyzacji przedsiębiorstwa „Polskie Koleje Państwowe”, Dz.U. nr 84, poz. 948, z późniejszymi zmianami.
- [2] Ustawa z 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym, Dz.U. nr 86, poz. 789, z późniejszymi zmianami.
- [3] Raport 2009, Raport Roczny PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2009.
- [4] *Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynieryjnych Id-2 (D2)*. Warszawa, 2005.
- [5] *Instrukcja o utrzymaniu kolejowych obiektów inżynieryjnych Id-16 (D83)*. Warszawa, 2005.

### Autor

Kazimierz Szadkowski

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

➤ *Dokończenie ze s. 49*

## Wnioski

Kolejowy ruch regionalny powinien być organizowany w tych wszystkich regionach, gdzie istnieje infrastruktura kolejowa oraz występuje potencjalne zapotrzebowanie na przewozy pasażerskie co najmniej 150–200 osób na dobę (ta liczba nie jest równoznaczna z wynikiem zliczania pasażerów w kursujących pociągach, która jest jedynie odpowiedzią na aktualną ofertę przewoźników kolejowych). Jako warunki niezbędne do prowadzenia ruchu regionalnego uznaje się:

- zapewnienie maksymalnej dostępności do przystanku/stacji kolejowej po przez integrację z ruchem autobusowym i samochodowym,
- dostosowanie rozkładów jazdy do okresów występowania zapotrzebowania na przewozy przy zachowaniu cykliczności kursowania pociągów.

Rodzaj i skład pociągu powinien być dostosowany do oszacowanej liczby pasażerów w danym przedziale czasowym i na danej relacji. Pod względem obciążenia nawierzchni, w kolejowym ruchu regionalnym wykorzystywane są pojazdy lekkie (autobusy szynowe), które mogą kursować również po torach niższych klas (3, 4, a nawet 5), dopuszczających większe odchyłki w konstruk-

cji nawierzchni – tym samym ruch regionalny może odbywać się po torach wszystkich klas, na wszystkich liniach kolejowych przy ograniczonych robotach przysposabiających.

Jednak bez systemowych, kompleksowych działań organizacyjnych, wspartych w niewielkim tylko zakresie działaniami inwestycyjnym, kolejowy ruch regionalny będzie zawsze „piętą achillesową” transportu kolejowego. Przestrzeganie wspomnianych zasad jest szczególnie istotne przy tzw. „rewitalizacji” linii kolejowych.



### Autor

Bożysław Bogdaniuk

Politechnika Gdańska

**woltan**