

DYPLOM

w konkursie dotyczącym wyróżniającej się współpracy
z redakcją w 2021 roku

Kolegium Redakcyjne „Inżynierii i Budownictwa”
przyznało

NAGRODĘ
za treść i formę przygotowania materiałów autorskich

Laureatami zostali

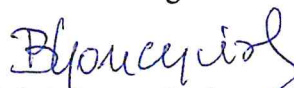
Prof. dr hab. inż. JAN BILISZCZUK
Prof. dr hab. inż. WOJCIECH LORENC
Dr inż. MACIEJ KOŻUCH

za artykuł pt.

„Problemy oceny nośności przęseł istniejących stalowych mostów kolejowych
na przykładzie linii kolejowej 285 Wrocław Główny – Jedlina Zdrój”
opublikowany w nr. 5-6/2021.

SERDECZNIE GRATULUJEMY

W imieniu Kolegium Redakcyjnego



Prof. dr hab. inż. Barbara Goszczyńska
Redaktor naczelna

Problemy oceny nośności przęseł istniejących stalowych mostów kolejowych na przykładzie linii kolejowej 285 Wrocław Główny – Jedlina Zdrój

Poprawna ocena nośności istniejących obiektów kolejowych jest kluczowa z uwagi na możliwości utrzymania całej infrastruktury kolejowej na terenie Polski. Jest to zadanie bardzo złożone, wymagające od inżynierów dużego doświadczenia. Na kompleksową ocenę nośności obiektu składa się m.in. kwerenda materiałów archiwalnych, dokładna inwentaryzacja oraz rzetelna ocena stanu technicznego obiektu, przeprowadzenie odpowiednich badań materiałowych materiałów konstrukcyjnych, z których jest wykonany obiekt, wraz z oceną stopnia ich destrukcji korozyjnej i zmęczenia – oraz wykonanie poprawnej analizy uzyskanych wyników w celu określenia wytrzymałości charakterystycznej i obliczeniowej materiałów, a w końcu też wykonanie odpowiednich analiz statyczno-wytrzymałościowych określających nośność obiektu i przeprowadzenie poprawnego wnioskowania na podstawie kompletu uzyskanych informacji. W niniejszym artykule autorzy skupią się na problemach związanych z wykonywaniem analiz statyczno-wytrzymałościowych obiektów w aspekcie istniejącego stanu prawnego w Polsce, ale też w powiązaniu z wiedzą techniczną i zasadami sztuki budowlanej oraz doświadczeniami zagranicznymi [7, 8].

Oceny nośności obiektów inżynierskich są wykonywane najczęściej podczas przeglądów specjalnych zleczanych zgodnie z Id-16 [1] lub przy okazji realizowania konkretnych inwestycji, a wówczas oceny te wykonuje się zazwyczaj na podstawie ogólnych wytycznych [1]. Takie postępowanie jest spójne z [2]. Obie przytoczone regulacje wskazują, że obiekty istniejące powinny być sprawdzane na obciążenia podane w normie PN-EN 15528 [3]. W tej normie określono m.in. ogólne metody stosowane do wyznaczania nośności istniejących konstrukcji oraz wprowadzono tzw. wagony referencyjne i modele obciążenia reprezentujące dane klasy linii, od a10 do a14 – w przypadku wagonów o naciskach na osie od 10 do 14 t oraz od A do E6 – w przypadku wagonów o naciskach na osie od 16 do 25 t przy towarzyszących naciskach liniowych od 5,0 do 10,0 t/m. W opracowaniu [1] zakres sprawdzania istniejących obiektów kolejowych został ograniczony do klas (nazywanych zamiennie kategoriami) linii od A do D4 (naciski na oś 16 do 22,5 t, naciski liniowe od 5,0 do 8,0 t/m). W normie [3] określono także konieczność uwzględniania efektów dynamicznych taboru, dopuszczając np. przyjęcie metody zgodnej z PN-EN 1991-2 [4], jak w odniesieniu do rzeczywistych pociągów, tj. ustalenie współczynnika dynamicznego według załącznika C [4].

W normie [3] są zatem podane „jedynie” modele obciążeń pionowych wraz z wytycznymi dotyczącymi współczynnika dynamicznego, natomiast brakuje informacji o obciążeniach towarzyszących każdemu ruchowi kolejowemu (takich, jak: mimośrodowy mas taboru, siły przyspieszania i hamowania, siły odśrodkowe, uderzenia boczne, wykolejenie, wspólna odpowiedź toru i konstrukcji na obciążenia pionowe i na obciążenia termiczne). Brakuje informacji o obciążeniach klimatycznych (m.in. wiatr, termika), a także o zasadach przejścia z obciążeń charakterystycznych na obliczeniowe (współczynniki obciążenia) oraz o zasadach tworzenia kombinacji, które należy przyjmować w obliczeniach sprawdzających. Ponadto nie ma wymagań dotyczących stanów granicznych użyteczności (SLS) – bardzo istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa i komfortu ruchu kolejowego (m.in. ugięcia, ograniczenia kątów obrotu, zmiany promienia toru na obiekcie i dojazdach) oraz wymagań dotyczących żywotności zmęzeniowej (FLS). Problematyka dotycząca współczynników obciążenia i zasad przyjmowania kombinacji oraz wymagań SLS i FLS jest istotna w przypadku wszystkich obiektów, a dotycząca np. dodatkowych obciążeń poziomych (podłużnych i poprzecznych) ma pierwszorzędne znaczenie w pewnego typu obiektach – głównie obiektach stalowych o rusztach otwartych z jazdą po mostownicach (choć nie tylko, również np. w obiektach ramowych).

Obiekty kolejowe na linii 285

Na odcinku Bystrzyca Górna – Jedlina Zdrój linii kolejowej 285 znajduje się kilkanaście starych obiektów stalowych, w większości z pomostem otwartym i jazdą górą po mostownicach. Przykładowe obiekty przedstawiono na rys. 1÷3.

Ocena nośności takich obiektów była wykonywana w latach 2019–2020 [5] przy założeniu ich obciążenia kategorią linii B2 według [3] (18,0 t/oś, 6,4 t/m). Stwierdzono, że niektóre elementy już od samych obciążeń poziomych (jakkolwiek niezdefiniowanych wcale w [3]) wykazywały braki nośności. W przedmiotowych obiektach, budowanych często jeszcze w XIX w., stosowano na ogół dość wiotkie na kierunku poziomym elementy (podłużnice lub blachownicowe dźwigary główne), na których opierano bezpośrednio mostownice. Dodatkowo elementy te nie były w ogóle stężane bocznie (jak np. podłużnice) lub, jak w przypadku dźwigarów głównych, rozstaw stężeń był stosunkowo duży, a same stężenia stosunkowo wiotkie, w skrajnych przypadkach wykonywane wyłącznie z płaskowników (nawet, gdy w przypadku wybranych kombina-



Rys. 1. Widok ogólny jednego z przęseł obiektu w km 66.501 l. 285 (fot. Maciej Kożuch)



Rys. 2. Widok ogólny przęsła obiektu w km 72.378 l. 285 (fot. Maciej Kożuch)



Rys. 3. Widok ogólny przęsła obiektu w km 79.005 l. 285 – oparcie mostownic na wiotkich podłużnicach niestężonych bocznie (fot. Maciej Kożuch)

cji obciążeń występują w nich tylko siły ściskające). Elementy takie nie są w stanie przenosić obliczeniowych sił poziomych, głównie poprzecznych do osi toru – wynikających z działania sił odśrodkowych, wiatru i uderzeń bocznych. Konstrukcja takich wiaduktów (w przypadku jazdy górą) jest też nieprzystosowana do przenoszenia obciążeń wyjątkowych w postaci wykolejonego taboru (zniszczeniu ulegają mostownice oraz ich mocowanie do dźwigarów, a sam tabor może spaść z obiektu). Ponieważ mowa tutaj o obiektach istniejących, pojawiło się oczywiste pytanie, jakie powinny być przyjmowane: współczynniki bezpieczeństwa, obciążenia zewnętrzne, kombinacje obciążeń? I na jakiej podstawie?

Wytyczne niemieckie przyjmowania obciążeń przy sprawdzaniu istniejących obiektów kolejowych

Na terenie Dolnego Śląska występują, z racji historii, takie typy obiektów, jak na obecnym terenie Niemiec, projektowane wówczas i konstruowane w ten sam sposób.

Na potrzeby wykonywania oceny nośności obiektów stalowych na linii 285 dokonano przeglądu przepisów prawnych i wytycznych w tym zakresie za granicą, głównie w Niemczech, a wnioski przedstawiono w [6]. Stan prawny w Niemczech jest znacznie bardziej uporządkowany niż w Polsce. W zasadzie można opierać się na dwóch opracowaniach: RiL 805 [7] oraz DS 804 [8], w których przedstawiono wytyczne postępowania przy określaniu nośności istniejących obiektów kolejowych. W Niemczech jako podstawowy model obciążenia pionowego, również przy sprawdzaniu istniejących obiektów kolejowych, przyjmuje się model LM71 (analogiczny do przedstawionego w PN-EN 1991-2 [4]) ze współczynnikiem dynamicznym Φ (odpowiadającym współczynnikowi Φ_2 według [4]). Nie stosuje się normy EN 15528, a każde odstępstwo od stosowności modelu LM71 wymaga uzyskania zgody od zarządcy linii kolejowej (Deutsche Bahn), co w praktyce w zasadzie nie występuje. Model LM71 może być odpowiednio redukowany współczynnikiem klasyfikacyjnym, a jego wartość podlega akceptacji zarządcy. Oprócz obciążenia pionowego, które jest takie, jak przy projektowaniu nowych obiektów (a różnice występują w odniesieniu do współczynnika klasyfikacyjnego), w normach [7, 8] są podane wszystkie pozostałe obciążenia, wraz z odpowiednimi zasadami ich kombinowania.

Obciążenie siłami odśrodkowymi, jako wynikające wprost z zasad fizyki, jest analogiczne do przedstawionego w [4], a obciążenie siłami hamowania i przyspieszania jest przyjmowane według zależności:

$$F_{x,An} = 33,3/\xi \leq 1000\xi, \quad (1)$$

$$F_{x,Br} = f_{x,Br} l \xi. \quad (2)$$

Na liniach niezelektryfikowanych dopuszcza się mniejszą wartość sił przyspieszania

$$F_{x,An} = 20/\xi \leq 600\xi. \quad (3)$$

W powyższych wzorach:

$F_{x,An}$ – siła przyspieszania,

$F_{x,Br}$ – siła hamowania,

$f_{x,Br}$ – liniowa siła hamowania na 1 tor, przyjmowana jako 20 kN/m w przypadku normalnego ruchu kolejowego i 35 kN/m – w przypadku ruchu ciężkiego,

l – długość obciążenia,

ξ – współczynnik redukcyjny z uwagi na warunki ciągłości szyny po obu stronach obiektu (o wartości od 0,5 do 1,0).

Zatem, z wyłączeniem wzoru (3), są stosowane wzory analogiczne do przyjmowanych przy projektowaniu nowych obiektów zgodnie z [4]. Wartości uderzeń bocznych są przyjmowane (niezależnie od przyjętego współczynnika klasyfikacyjnego modelu LM71) o wartości 60 kN; przy prędkości do 25 km/h mogą być redukowane do 20 kN, a przy prędkości do 5 km/h – do 10 kN. Biorąc pod uwagę, że obciążenie to wywołuje w obiektach z pomostem otwartym bardzo duże wyężenie elementów podłużnych (dźwigarów głównych, podłużnic), redukcja tego obciążenia ze 100 kN (w przypadku projektowania nowych obiektów) do 60 kN (w obiektach istniejących) w sposób istotny wpływa na obliczone wyężenie konstrukcji. Obciążenie wiatrem (osobno rozpatrywane w przypadku obiektów obciążonych taborem, a osobno – obiektów nieobciążonych) zależy od wysokości mierzonej od najgłębszego punktu terenu pod obiektem do główki szyny oraz od tego, czy obiekt jest wyposażony w przesłony,

np. ekrany przeciwhałasowe, i jest ono podane wprost w postaci wartości parcia w kiloniutonach na metr kwadratowy – kN/m² (analogicznie do nieaktualnej już normy PN-S-10030:1985), a także nie zależy od parametrów wejściowych, takich jak przy określaniu obciążenia wiatrem na podstawie eurokodów, tj. kategorii terenu, mapy prędkości bazowej wiatru itd.

Wartości współczynników obliczeniowych określone w [7] w odniesieniu do odpowiednich obciążeń w stanach granicznych nośności (ULS) są następujące:

a) ciężar właściwy stali w elementach konstrukcyjnych – 1,15 przy dokładnej inwentaryzacji lub 1,20 przy określaniu masy na podstawie dokumentacji projektowej (w przypadku szacowania);

b) ciężar elementów wyposażenia – 1,20 (do nawierzchni otwartych);

c) pionowe obciążenie taboru kolejowym – 1,20 w przypadku określonego taboru kursującego po linii (nie jest to przyjęta praktyka w Niemczech), 1,30 do modelu LM71 (co jest ogólnie przyjętą praktyką);

d) siły hamowania i przyspieszenia – 1,10;

e) siły poziome i pionowe wynikające z uderzeń bocznych – 1,10;

f) siły poziome i pionowe wynikające z siły odśrodkowej – 1,10;

g) siły poziome i pionowe wynikające z parcia wiatru – 1,10;

h) oddziaływanie zmienną temperaturą – 1,10;

i) obciążenie chodników służbowych – 1,10.

Kombinacje obliczeniowe w ULS są tworzone przez sumowanie przypadków obciążeń, przy czym w przypadku występowania obciążeń współtowarzyszących stosuje się redukcyjne współczynniki jednoczesności występowania obciążeń określone według wzoru

$$\psi = 1,0 - 0,1(n - 1) \geq 0,7, \quad (4)$$

w którym n – liczba oddziaływań towarzyszących.

Widać zatem, że wartości współczynników obliczeniowych są mniejsze niż wynikające z normy PN-EN 1990/A1 [9], stosowanej przy projektowaniu nowych obiektów.

Dyskusja problemu

W Polsce brakuje norm i wytycznych dotyczących zasad przyjmowania obciążeń i ich kombinacji w przypadku sprawdzania nośności istniejących obiektów kolejowych. Norma PN-EN 15528 [3], określająca jedynie model obciążenia pionowego wraz ze współczynnikiem dynamicznym, jest niewystarczająca do poprawnej oceny nośności obiektów kolejowych. Zatem w obecnych realiach projektant podejmujący się oceny nośności pozostaje niejako sam z bardzo trudnym technicznym zadaniem, sam pozostaje też z odpowiedzialnością za podjęte decyzje.

Autorom niniejszego artykułu są znane z praktyki różne, zupełnie skrajne, podejścia do tej problematyki. Niektórzy, sprawdzając nośność istniejących obiektów, przyjmują wyłącznie obciążenia pionowe, kierując się zapewne argumentem, że skoro nośność należy sprawdzić według PN-EN 15528 [3], to czytając tę normę literalnie nie znajdzie się w niej przecież informacji o żadnych innych obciążeniach. Jest to podejście niezgodne z wiedzą techniczną i zasadami sztuki budowlanej, dające zawsze wyniki po stronie niebezpiecznej, prowadzące do określenia zawyżonych nośności obiektów. Jest to też podejście, którego rezultaty mogą niestety satysfakcjonować

mniej rzetelnych zamawiających (tj. zarządców obiektu), gdyż ci, nie będąc w stanie zweryfikować otrzymanej dokumentacji, dowiedzą się, że mają doskonałe obiekty o bardzo dużej nośności. Prowadzi to do niebezpiecznych sytuacji, w których „słabe” obiekty będą eksploatowane w warunkach obciążenia ciężkim taboru poruszającym się z dużą prędkością. A na dodatek są premiiowani nierzetelni inżynierowie jako ci, którzy „potrafią” wykazać nośność obiektu. Prowadzi to do sytuacji patologicznych i zagraża bezpieczeństwu obywateli.

Drugim podejściem jest rzetelna próba uzyskania zgodności obliczeń z dostępnymi normami. W takiej sytuacji obciążenia pionowe modelami z normy [3] są uzupełniane pozostałymi obciążeniami, też z norm z grupy eurokodów. Siła odśrodkowa i obciążenie siłami hamowania i przyspieszania nie stanowią tu problemu, gdyż wynikają z prostych zasad fizyki. Zresztą w przypadku sił hamowania i przyspieszania w normie [4] są podane wytyczne też w odniesieniu do taboru rzeczywistego, a za taki mogą być uważane modele według [3]. Najbardziej dyskusyjnym obciążeniem wydaje się uderzenie boczne, gdyż w [4] przyjmuje ono wartość co najmniej 100 kN – jest to wartość duża, ale „niestety” brakuje innych wytycznych w powszechnie obowiązujących w Polsce przepisach. Obciążenia klimatyczne mogłyby być zaczerpnięte z odpowiednich części normy PN-EN 1991-1 (części 4 w przypadku wiatru, a 5 – wpływów termicznych itd.). Natomiast zasady przyjmowania współczynników bezpieczeństwa i kombinacji obciążeń należałoby zaczerpnąć wprost z PN-EN 1990/A1 [9] (co zresztą najczęściej ma też miejsce w przypadku „inżynierów uznających jedynie obciążenia pionowe” – skądś w końcu trzeba brać współczynniki obliczeniowe, więc oczywisty wybór pada na eurokod). W ten sposób można w zakresie ULS wykazać zgodność obliczeń z normami typu eurokod. Jak wspomniano wcześniej, często okazało się, że obiekty nie mają wystarczającej nośności, co przysparza zamawiającym pewnych trudności w zarządzaniu linią kolejową.

Na przykładzie najbardziej dyskusyjnego obciążenia, jakim jest siła pozioma uderzenia bocznego, przyjęcie jej zgodnie z eurokodem jest oczywiście założeniem konserwatywnym. Pominięcie obciążeń poziomych jest po prostu błędem w sztuce (tu oczywiście żaden uprawniony projektant nie powinien zaakceptować takiego podejścia). Każda inna opcja (jak zmniejszanie siły jakimś współczynnikiem itp.) jest dyskusyjna i może narazić na zarzut, że obciążenie jest za małe lub za duże. I niezależnie od tego, jakie podejście zostanie zastosowane, pojawia się pytanie: **na jakiej podstawie?**

Kolejną dyskusyjną kwestią jest ocena obiektu pod kątem SLS i FLS – wymagania w tym zakresie w [4] odnoszą się do wartości otrzymanych z analizy obiektu obciążonego modelem LM71 (bez lub ze współczynnikiem klasyfikacyjnym w zależności od sprawdzanego warunku). Trudne lub wręcz niemożliwe jest ustalenie przez projektanta nowych wymagań przy przyjęciu obciążenia obiektu modelem według [3]. Na przykład współczynniki równoważności uszkodzeń zmęczeniowych wykorzystywane do oceny zmęczenia zostały ustalone w odniesieniu do modelu LM71.

W ostatnim czasie na stronie internetowej Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków w Krakowie (www.wuoz.malopolska.pl) pojawiły się zasady [10] postępowania z zabytkowymi mostami i wiaduktami kolejowymi w zakresie obciążeń. Stanowią one w zasadzie skopiowanie

wytycznych niemieckich w zakresie wartości obciążeń i współczynników bezpieczeństwa. Należy mieć jednak na uwadze to, że przedstawione wytyczne dotyczące obciążeń działających na istniejący obiekt kolejowy sprawdzany w analizie statyczno-wytrzymałościowej są w Niemczech ściśle powiązane ze spójnymi wytycznymi dotyczącymi wymiarowania konstrukcji na podstawie odpowiednich norm branżowych (DIN, DS, RiL) – chodzi tu o powiązanie obciążeń prowadzących do otrzymania konkretnych sił wewnętrznych w konstrukcji, naprężeń, przemieszczeń itd. z zasadami sprawdzania nośności, użyteczności, żywotności zmęczeniowej. Co więcej, niemieckie normy określające obciążenia i otrzymane na ich podstawie wyniki obliczeń są powiązane z konkretnymi wymaganiami dotyczącymi utrzymania obiektów, np. częstości (określonej na podstawie obliczeń) wykonywania okresowych przeglądów technicznych obiektu, mających zagwarantować ich bezpieczną eksploatację. Bezkrzytyczne oderwanie samych obciążeń niemieckich od sposobu sprawdzania nośności, użyteczności i żywotności oraz od aspektów utrzymaniowych nie wydaje się rozwiązaniem problemu. Krytycznie oceniając wytyczne [10], należałoby postawić pytanie: na jakiej podstawie zostały stworzone oraz na jakiej podstawie zostały zamieszczone na stronie urzędu administracji publicznej jako „zasady postępowania”? Jak projektant ma to po prostu interpretować, skoro odpowiada za swój projekt?

Reasumując – aktualny stan prawny w Polsce w zasadzie uniemożliwia projektantowi zrealizowanie oceny nośności istniejącego kolejowego obiektu inżynierskiego zgodnie z istniejącymi przepisami, gdyż takich przepisów po prostu nie ma. Brakuje obecnie odpowiedzi m.in. na pytania:

a) czy w modelach obciążenia pionowego według [3] powinien być uwzględniony dodatkowo efekt mimośrodowo masy taboru względem jego osi?

b) jakie wartości sił poziomych powinny być przyjęte jako towarzyszące modelom pionowym (hamowanie, przyspieszanie, uderzenia boczne)?

c) jakie modele obciążeń wyjątkowych należy przyjąć w obliczeniach?

d) jakie obciążenia środowiskowe (wiatr, termika)?

e) jakie współczynniki obciążeń?

f) jakie kombinacje obciążeń?

g) jakie wymagania SLS przyjmować w odniesieniu do obiektów obciążanych według [3]?

h) w jaki sposób sprawdzać warunki żywotności zmęczeniowej w odniesieniu do obiektów obciążanych według [3] i co zrobić dalej z otrzymanymi wynikami?

i) jakie modele obciążeń i jakie kryteria przyjmować przy sprawdzaniu stateczności obiektów na obrót i przesuw?

Z uwagi na to, że norma [3] określająca obciążenia pionowe jest normą z grupy eurokodów, naturalną sprawą powinna być próba odpowiedzi na wymienione pytania z wykorzystaniem zasad zaczerpniętych właśnie z eurokodów. I tak można zaproponować następujące odpowiedzi:

a) powinien być uwzględniony dodatkowo efekt mimośrodowo masy taboru względem jego osi, analogiczny do tego przy stosowaniu modelu LM71 według [4] (naciski kół w obrębie jednej osi w stosunku maks. 1,25:1), co zresztą odpowiada wytycznym UIC ładowania i zabezpieczania ładunku;

b) siły hamowania i przyspieszania przyjęte jak w przypadku pojazdów rzeczywistych według [4], tj. 25% naci-

sków pionowych (ewentualnie odpowiednio zredukowane z uwagi na ciągłość toru na obiekcie i dojazdach według zasad w [4]), siły odśrodkowe na podstawie zasad fizyki (też [4]), uderzenia boczne o wartości zredukowanej w stosunku do [4] – na podstawie niemieckich wytycznych [7] o wartości 60 kN (zredukowane do 20 kN w przypadku prędkości do 25 km/h i do 10 kN – przy prędkości do 5 km/h);

c) obciążenie wykolejeniem analogiczne do wykolejenia modelu LM71 według [4], ale ze zmianą polegającą na zastąpieniu modelu pionowego LM71 modelem pionowym według [3];

d) obciążenia środowiskowe (wiatr, termika) przyjęte wprost z odpowiednich części eurokodów (PN-EN 1991-1-4, 1-5);

e) współczynniki obciążeń przyjęte według zasad PN-EN 1990/A1 [9];

f) kombinacje obciążeń przyjęte według zasad PN-EN 1990/A1 [9];

g) wymagania SLS przyjmować wprost z PN-EN 1990/A1 [9], ale zastępując model obciążenia pionowego LM71 z [4] modelem obciążenia pionowego według [3];

h) temat warunków żywotności zmęczeniowej i przełożenia otrzymanych wyników na strategię dalszego postępowania z obiektem jest bardzo ważny i wymaga merytorycznej dyskusji i systemowego podejścia wypracowanego wspólnie przez ekspertów oraz zarządców linii kolejowych;

i) modele obciążeń i kryteria przy sprawdzaniu stateczności obiektów na obrót i przesuw – takie same jak w [4] przy projektowaniu nowych obiektów (model pociągu bez ładunku).

Powyższe odpowiedzi są autorską propozycją. Musi budzić zdziwienie, że przy tak szeroko zakrojonych inwestycjach, jakie obecnie są realizowane w Polsce, nie opracowano jeszcze odpowiednich wytycznych porządkujących temat oceny nośności istniejących mostów kolejowych. **Do czasu pojawienia się takich wytycznych zupełnie naturalna będzie sytuacja, w której ten sam obiekt sprawdzany przez dwie niezależne jednostki projektowe będzie miał zupełnie inną nośność.**

PIŚMIENNICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] Instrukcja utrzymania kolejowych obiektów inżynierskich na liniach kolejowych do prędkości 200/250 km/h, Id-16, PKP PLK S.A., Warszawa 2014.
- [2] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1299/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej.
- [3] PN-EN 15528 Kolejnictwo – Klasyfikacja linii w odniesieniu do oddziaływań pomiędzy obciążeniami granicznymi pojazdów szynowych a infrastrukturą.
- [4] PN-EN 1991-2 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcję – Część 2: Obciążenia ruchome mostów.
- [5] Ocena nośności przęseł blachownicowych obiektów w km 66.501 – 80.672 linii kolejowej 285 Wrocław Główny – Jedlina Zdrój (15 opracowań). Pontes Sp. z o.o., 2019–2020.
- [6] Biliszczuk J., Lorenc W.: Zasady przyjmowania obciążeń przy sprawdzaniu nośności istniejących kolejowych obiektów inżynierskich. Zespół Badawczo-Projektowy Mosty Wrocław s.c., Wrocław 2020.
- [7] Richtlinien 805: Tragsicherheit bestehender Eisenbahnbrücken, DB Netz AG, 5. Aktualisierung, 17.06.2010.
- [8] DS 804: Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke, 25.09.2000.
- [9] PN-EN 1990/A1 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji (z załącznikiem A2: Zastosowanie do mostów).
- [10] Rymasz J.: Zasady postępowania z zabytkowymi mostami i wiadukami kolejowymi – OBCIĄŻENIA. IBDiM, Warszawa 2020.