

NAUKI O ZARZĄDZANIU

Dariusz SKORUPKA*
Artur DUCHACZEK

ZARZĄDZANIE RYZYKIEM UTRZYMANIA INFRASTRUKTURY TRANSPORTU DROGOWEGO W ŚWIETLE EKSPLOATACJI WOJSKOWYCH OBIEKTÓW MOSTOWYCH

W artykule dokonano analizy możliwości oceny ryzyka eksploatacji obiektów mostowych w świetle zagrożeń infrastruktury transportu drogowego. Założono, że w sytuacjach kryzysowych, w tym w warunkach wojennych, do najbardziej newralgicznych obszarów infrastruktury drogowej będą należały obiekty mostowe. Skorelowano zatem bezpośrednio problematykę oceny ryzyka transportu z możliwością awarii infrastruktury mostowej. Pominęto problematykę infrastruktury drogowej, traktując ją jako osobny problem do rozważenia.

Ponadto przedstawiono autorską metodę analizy jednego z ważniejszych czynników ryzyka eksploatacyjnego mostów – czynnika ryzyka zmęczeniowego. Analiza została dokonana na przykładzie mostów wojskowych.

Słowa kluczowe: zarządzanie ryzykiem, transport, logistyka, mosty wojskowe

WPROWADZENIE

Proces polegający na identyfikacji, kwantyfikacji, zmniejszaniu i monitorowaniu ryzyka nazywany jest zarządzaniem ryzykiem. Więcej informacji dotyczących problematyki zarządzania ryzykiem można znaleźć w literaturze [1], [2] i [3].

Na tym wstępnym etapie badań autorzy proponują zunifikowany model ideograficzny zarządzania ryzykiem eksploatacji obiektów budowlanych składający się z sześciu elementów (rys.1) [4].

Identyfikacja czynników ryzyka eksploatacji obiektów budowlanych zależy przede wszystkim od rodzaju obiektu. Inne czynniki będą stanowiły zagrożenie dla obiektów dro-

* płk dr hab. inż. Dariusz SKORUPKA, kpt. mgr inż. Artur DUCHACZEK – Wydział Zarządzania Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych

gowych, inne dla obiektów mostowych, a jeszcze inne dla obiektów z obszaru tzw. budownictwa ogólnego. Kwantyfikacja czynników ryzyka eksploatacji obiektów budowlanych jest elementem decydującym o trafności i efektywności oceny ryzyka.



Rys. 1. Model ideograficzny zarządzania ryzykiem eksploatacyjnym

Źródło: Opracowanie własne

Clou zarządzania ryzykiem eksploatacji wojskowych obiektów mostowych sprowadza się, zdaniem autorów, do identyfikacji i kwantyfikacji potencjalnych zagrożeń, czynników ryzyka, mających wpływ na trwałość obiektów mostowych. Ze względu na rodzaj konstrukcji, mosty wojskowe zostały podzielone na mosty zmechanizowane (tzw. towarzyszące), pływające, składane, prowizoryczne i kombinowane (rys. 2).



Rys. 2. Przykłady mostów wojskowych: a) towarzyszące, b) pływające, c) składane i d) prowizoryczne

Źródło: [5]

Poprawna specyfikacja i trafny opis ilościowy czynników ryzyka wpływa na efektywność oceny (prognoza) ryzyka eksploatacji obiektu budowlanego. Jeśli wykonana jest taka ocena, to w kolejnym etapie opracowuje się plan reakcji na ryzyko. Powinien on zawierać propozycję zmniejszania ryzyka lub jego całkowitej eliminacji oraz określać tok postępowania w razie wystąpienia ewentualnych zagrożeń. Monitorowanie ryzyka musi opierać się na obserwacji częstości występowania czynników ryzyka oraz skutków ich występowania. Modyfikacja procesu oceny ryzyka sprowadzać się będzie do ewentualnej zmiany listy czynników ryzyka oraz ich charakterystyk ilościowych. Zmiany mogą być wynikiem nowej wiedzy empirycznej.

W czasie działań wojennych istniejąca infrastruktura komunikacyjna kraju (mosty stałe) będzie intensywnie eksploatowana przez pojazdy wojskowe (rys. 3), dlatego ten typ obiektów mostowych musi być brany pod uwagę przez inżynierów wojskowych.



Rys. 3. Przykłady cywilnych obiektów mostowych wykorzystywanych w sytuacjach kryzysowych, jak i w działaniach wojennych

Źródło: [6]



Rys. 4. Przykłady uszkodzeń z grupy II: a) uszkodzenie korony drogi, b) uszkodzenie przęseł mostu

Źródło: [7]

Zagrożenia występujące podczas eksploatacji mostów wojskowych można podzielić na dwie zasadnicze grupy. Grupa I to zagrożenia, na które może mieć wpływ projektant (rys. 5). Grupa II to zagrożenia czynnikami ryzyka, których uwzględnienie w fazie projektowania jest trudne (rys. 4).



Rys. 5. Wyraźne pęknięcie w spoinie czołowej: a) widok z góry oraz b) widok od spodu

Źródło [8]

Do grupy I należą przede wszystkim:

1. Przeciążenie głównych elementów konstrukcyjnych, wynikające z eksploatacji obiektów mostowych w warunkach kryzysowych, powodujące trwałe uszkodzenie elementu (np. zwichrzenie lub trwałe odkształcenie dźwigara wynikające z jego nadmiernego ugięcia).
2. Zniszczenie zmęczeniowe konstrukcji, wynikające z warunków jej eksploatacji, szczególnie niebezpieczne dla konstrukcji stalowych w warunkach pracy konstrukcji w okresie zimowym (zmniejszenie udatności materiału).
3. Nagłe hamowanie pojazdów przejeżdżających po obiektach mostowych z dużymi prędkościami.
4. Występowanie zatorów lodowych stwarzających niebezpieczeństwo dla podpór.

Grupa II zagrożeń jest trudniejsza do jednoznacznej identyfikacji. Można do niej zaliczyć np. wybuch materiałów wybuchowych, katastrofę środka transportu, pożary, ataki terrorystyczne.

W pierwszej kolejności, w tym materiale, autorzy zdecydowali, aby analizie poddać czynnik zmęczeniowy mający dość znaczny wpływ na trwałość obiektów mostowych. Ponieważ, jak zapisano wcześniej, czynniki ryzyka zależą w dużej mierze od rodzaju przedsięwzięcia, w zagadnieniu trzecim przedstawiono przykład oparty na analizie eksploatacji tymczasowych obiektów mostowych. Celem strategicznym badań jest jednak zbudowanie uniwersalnej metody oceny ryzyka eksploatacji obiektów budowlanych, która będzie fundamentem procesu zarządzania ryzykiem eksploatacyjnym.

1. PRZYKŁAD ANALIZY RYZYKA EKSPLOATACJI WOJSKOWEGO OBIEKTU MOSTOWEGO

Zdaniem autorów opracowania analiza ilościowo-jakościowa sprzętu będącego na wyposażeniu sił zbrojnych umożliwia zmniejszenie ryzyka wystąpienia wybranych grup uszkodzeń w obiektach mostowych.

Mosty ze względu na swą specyfikę eksploatacyjną, narażone są w wysokim stopniu na procesy starzenia, a w szczególności na wpływy obciążeń zmęczeniowych [9].

Naukowcy z Wielkiej Brytanii, USA i Niemiec opracowali trójstronne porozumienie dotyczące szczegółowych zasad projektowania mostów wojskowych i ich badania podczas prób odbiorczych [10]. Szczególnie interesujące są rozwiązania problematyki zmęczenia w konstrukcjach stalowych wojskowych obiektów mostowych, gdyż łączą one w sobie bogate doświadczenia trzech sygnatariuszy tego porozumienia.

Zgodnie z opracowaniem [10] nie jest możliwe uzyskanie spektrów obciążenia dla mostów wojskowych. Jak na razie, wymagana ich trwałość jest wyrażana jako określona liczba przejazdów n maksymalnej klasy obciążenia przy najdłuższej rozpiętości teoretycznej mostu oraz określona liczba rozłożeń (1):

$$\frac{n_1(\sigma_1)}{N_1(\sigma_1)} + \frac{n_2(\sigma_2)}{N_2(\sigma_2)} + \dots + \frac{n_i(\sigma_i)}{N_i(\sigma_i)} \leq 1, \quad (1)$$

gdzie:

naprężenie σ_i i trwałość zmęczeniowa N_i pochodzi z danych obciążeń MLC/rozpiętości (różne długości przęsła), nad którymi odbywają się przejazdy. Używany skrót MLC oznacza wojskową klasę pojazdów (obiektów mostowych), opisaną szczegółowo w pracach [11] i [12].

Według porozumienia [10] przyjmuje się, że zakres teoretycznego obciążenia zmęczeniowego P_{FAT} jest równy obciążeniu pojazdem bez żadnych innych dodatkowych czynników, pomnożonemu przez odpowiedni współczynnik dynamiczny dla danego elementu konstrukcyjnego, obejmujący również mimośrodowość oraz uderzenie.

Z powodu dość dużego rozrzutu wyników w zakresie obciążeń zmęczeniowych oraz możliwości użytkowania przekraczającego wymagany minimalny czas życia, istnieje dość duże ryzyko, że most zawiedzie w czasie jego użytkowania. Projekt tolerujący uszkodzenia powinien zagwarantować, że gdy podczas jego eksploatacji pojawią się pęknięcia zmęczeniowe, pozostałe części elementów konstrukcji wytrzymają niezawodnie maksymalne obciążenie robocze P , aż do momentu wykrycia uszkodzenia.

Zakres zmiany naprężenia spowodowanego przez złożony przebieg teoretycznego obciążenia zmęczeniowego P_{FAT} nie może przekraczać zakresu naprężeń z najodpowiedniejszej minimalnej krzywej Wöhlera σ/N przy wielkości $1,5n$, bądź z najodpowiedniejszej krzywej średniej przy wielkości $2,25n$. Dodatkowo należy przeprowadzić sprawdzian potwierdzający, że maksymalne naprężenie wywołane obciążeniem teoretycznym P nie przekracza niższej wartości naprężenia dopuszczalnego, opisanego szczegółowo w pracy [10].

Tolerancja uszkodzeń zależy od tego, na jakim poziomie użytkownicy są gotowi przeprowadzać przeglądy konstrukcji mostowych. Przegląd sprzętu należy tak zaplanować, aby zapewnić właściwe wykrywanie i monitorowanie uszkodzeń oraz umożliwić naprawę lub wymianę poszczególnych elementów konstrukcyjnych lub ich połączeń. Należy to również potwierdzić podczas prób i testów doświadczalnych przeprowadzonych zgodnie z zapisami tego porozumienia [10]. W praktyce inżynierskiej mogą mieć miejsce jednak przypadki, kiedy regularne przeglądy nie są możliwe do wykonania lub użytkownicy nie chcą się do nich zobowiązać. Autorzy pracy [10] podają, że opracowano już trzy dalsze systemy projektowe, których można użyć w praktyce. Generalnie nie są one powszechnie zalecane, o ile nie ma na nie wyraźnego zamówienia. Uwzględniono je jednak w materiale, aby przedstawić równocześnie dostępne alternatywy, m.in.:

- kontrolowaną trwałość, zapewniającą bezpieczne użytkowanie mostu;
- niekontrolowaną trwałość, zapewniającą bezpieczeństwo mostu;
- nieskończoną trwałość konstrukcji mostowej.

Wytyczne [10] zalecają stosowanie zasad mechaniki powstawania pęknięć poprzez założenie początkowego pęknięcia w najbardziej niekorzystnym miejscu krytycznego elementu konstrukcyjnego (np. ucho, sworzeń). Pęknięcie to nie może przekraczać rozmiarów pęknięcia krytycznego w projektowanej trwałości elementu, która ma być określona. W przeciwnym wypadku konieczna jest zmiana projektu, materiału lub rodzaju przeglądu, aby uzyskać projekt o wymaganej tolerancji uszkodzeń. Jeśli nie jest to możliwe, wymagany jest przegląd połowy, aby uzyskać projekt o kontrolowanej trwałości zapewniającej bezpieczne użytkowanie [9].

Jednym z podstawowych parametrów wykorzystywanych podczas obliczeń związanych z oceną trwałości eksploatacyjnej obiektów stalowych, mających uszkodzenie o określonej wielkości, jest współczynnik intensywności naprężeń K_I .

W przypadku konstrukcji wojskowych obciążeniem obliczeniowym są kolumny pojazdów wojskowych charakteryzujące się ich powtarzalnością oraz tym, że odległości między poszczególnymi pojazdami są wielkościami stałymi.

Z całą pewnością nie można przyjąć, że obciążenie obliczeniowe jest obciążeniem cyklicznym o stałej amplitudzie. Można jednak założyć, że dzięki wykorzystaniu opisanej w pracy J. Germana [13] wartości skutecznej współczynnika intensywności naprężeń ΔK_{rms} (2), metoda z kryterium siłowym okazuje się w rozpatrywaniu zagadnienia inżynierskim wystarczająco poprawna [13]:

$$\Delta K_{rms} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta K_{li})^2 n_i}{\sum n_i}}, \quad (2)$$

gdzie:

n_i oznacza liczbę amplitud obciążenia, którym odpowiadają zakresy ΔK_{li} współczynnika intensywności naprężeń.

Istnieje również możliwość uwzględnienia w obliczeniach obciążenia losowego poprzez zastosowanie równoważnego współczynnika intensywności naprężeń [14]:

$$\Delta K = Y \sigma_{rms} \sqrt{\pi a}, \quad (3)$$

gdzie :

σ_{rms} – średnia kwadratowa losowego obciążenia, liczona według [14], która wynosi:

$$\sigma_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2)}, \quad (4)$$

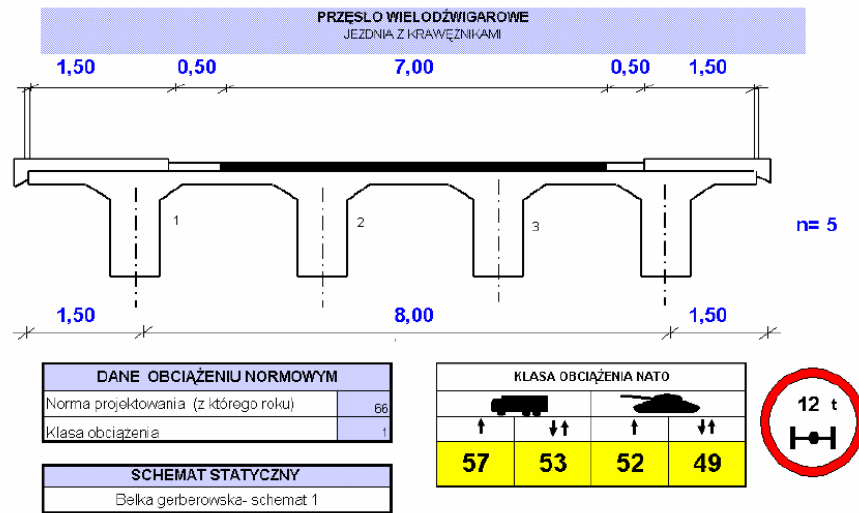
gdzie:

$\sigma_1, \dots, \sigma_n$ – poszczególne wartości zakresów naprężeń występujące w widmie obciążeń.

Z analizy wzorów 1–4 wynika, że czynnik zmęczenia w mostach wojskowych (niskowodnych) zależy jednocześnie od wartości naprężeń występujących w elemencie i od częstotliwości występowania tego obciążenia. Można wyciągnąć stąd wniosek, że

prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia zmęczeniowego należy uzależnić bezpośrednio od klasy MLC przyjętej na etapie projektowania wytrzymałościowego.

Za przyjęciem takiego rozwiązania przemawia również fakt, że w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie opracowano metodę wyznaczania wojskowych klas obciążenia drogowych obiektów mostowych (metoda „MILORY” [15]), pozwalającą na szybkie wyznaczenie klas obciążenia obiektu na podstawie informacji zawartych przede wszystkim w dokumentach ewidencyjnych (rys. 6).



Rys. 6. Zrzut ekranu metody „MILORY” podczas wyznaczania klasy MLC obiektu mostowego

Źródło: [15]

Na tym etapie badań zaproponowano, aby ryzyko eksploatacji obiektu mostowego obliczyć z zależności (5):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} W_i K_i}{n}, \quad (5)$$

gdzie:

- W_i to czynniki ryzyka, np. czynnik zmęczeniowy W_z ,
- K_i to konsekwencja wystąpienia danego czynnika.

Autorzy materiału proponują wprowadzenie czynnika ryzyka zmęczeniowego W_z , przyjmującego wartości od 0 do 1, świadczącego o możliwości wystąpienia pęknięć zmęczeniowych.

Wielkości czynnika ryzyka zmęczeniowego W_z można określić z iloczynu (6):

$$W_z = W_{z_MLC} \times W_{z_N}, \quad (6)$$

gdzie:

W_{z_MLC} jest współczynnikiem bezpośrednio zależnym od klasy obciążenia (masy pojazdu), a W_{z_N} współczynnikiem uwzględniającym liczbę pojazdów z przyjętej klasy MLC w ogólnym widmie obciążenia.

Autorzy proponują, aby obliczając współczynnik W_{z_MLC} , przyjmować, że dla klasy MLC 150 wynosi on 0, natomiast dla klasy MLC 4 jest równy 1. Wynika to z faktu, że w przypadku prześła projektowanego pod obciążenia klasy MLC 150 większość pojazdów przemieszczających się po tym prześle wywołuje w jego elementach konstrukcyjnych niewielkie naprężenia, natomiast dla klasy MLC 4 praktycznie wszystkie pojazdy pokonujące prześło wywołują w jego konstrukcji naprężenia, które muszą mieć znaczenie dla jego trwałości zmęczeniowej. Stąd współczynnik W_{z_MLC} można obliczać z zależności (7):

$$W_{z_MLC} = 1,0274 - 0,0068x, \quad (7)$$

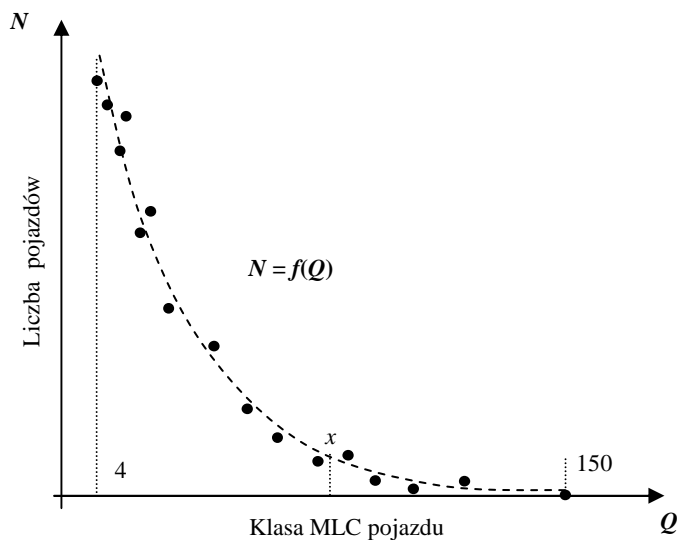
gdzie:

x jest analizowaną klasą MLC pojazdu.

Taki sposób określania współczynnika W_{z_MLC} wynika z przyjęcia liniowej zależności wartości naprężeń występujących w konstrukcji od wielkości przenoszonego obciążenia.

Założenie to jest prawdziwe dla wojskowych obiektów mostowych o większych rozpiętościach (tj. ok. 20-30 m), takich jak prześła mostów towarzyszących i składowanych. Należy brać pod uwagę, że w przypadku mostów niskowodnych (długość prześła ok. 5 m) dla wyższych klas obciążenia MLC (czyli występowanie pojazdów wieloosiowych) zależność (6) zaniża wartość współczynnika W_{z_MLC} .

Na rys. 7 zaprezentowano uogólniony rozkład pojazdów wojskowych, występujących w strukturach organizacyjnych wojska. Jest on zróżnicowany i zależy od rodzaju struktury organizacyjnej.



Rys. 7. Rozkład pojazdów wojskowych występujących w strukturach organizacyjnych

Źródło: Opracowanie własne

Współczynnik $W_{z,N}$ można obliczyć przy wykorzystaniu wykresu nr 7 i z zależności (8):

$$W_{z,N} = \frac{\sum_{i=4}^{i=x} f(Q_i)}{\sum_{i=4}^{i=150} f(Q_i)}, \quad (8)$$

gdzie:

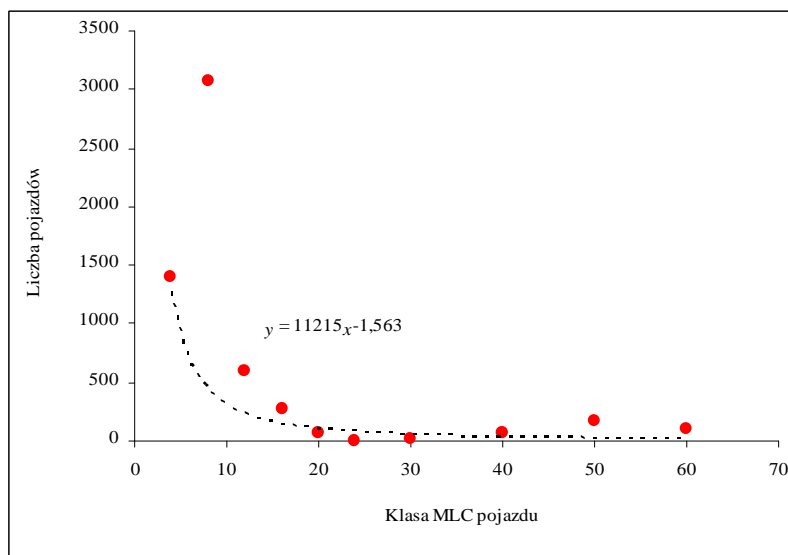
- x jest analizowaną klasą MLC pojazdu,
- $i \in \langle 4,8,12,16,20,24,30,40,50,60,70,80,90,100,120,150 \rangle$.

Przyjęcie takiego sposobu określania współczynnika $W_{z,N}$ powoduje, że dla wyższych klas obciążenia będzie on przyjmował wartości bliskie 1, co świadczy o dużej przepustowości analizowanego obiektu mostowego.

W tabelicy 1 przedstawiono zaproponowane wartości współczynnika konsekwencji K_z dla czynnika zmęczeniowego W_z .

Tablica 1. Wartość współczynnika konsekwencji K_z dla czynnika zmęczeniowego W_z

Typ mostu	Wartość współczynnika konsekwencji K_z
Prowizoryczne	0,20
Towarzyszające	0,40
Pontonowe	0,60
Składane	0,80
Stałe (cywilne)	1,00

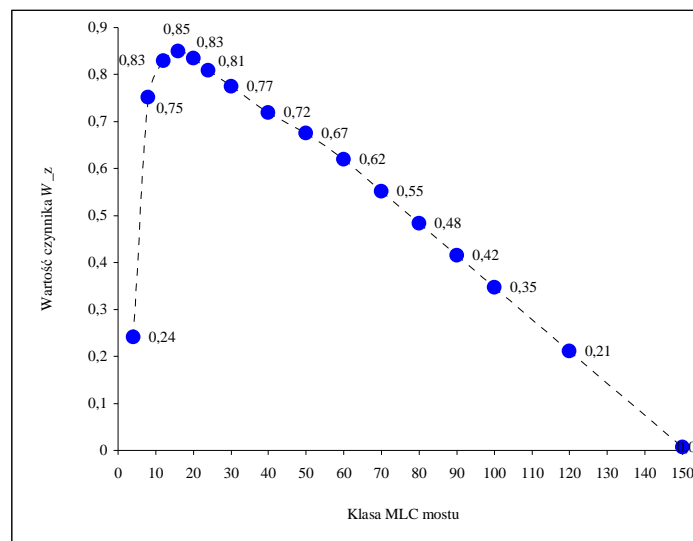


Rys. 8. Rozkład pojazdów wojskowych w przykładowej strukturze organizacyjnej

Źródło: Opracowanie własne

Na rys. 8 zaprezentowano przykładowy rozkład pojazdów w wybranej strukturze organizacyjnej wojsk (ich liczbę i rodzaj), natomiast na rys. 9 obliczone z zależności 5–8 wartości czynnika ryzyka zmęczeniowego W_z dla poszczególnych klas obciążenia MLC.

Z analizy wykresu zaprezentowanego na rys. 9 wynika, że dla oddziału wojskowego, którego struktura została opisana wykresem zaprezentowanym na rys. 8, obiekty mostowe projektowane na klasę obciążenia MLC 16 są najbardziej narażone na powstanie uszkodzeń zmęczeniowych ($W_z = 0,85$). To właśnie dla tej klasy obciążenia ponad 90% ogólnej liczby pojazdów z analizowanej struktury organizacyjnej (rys. 8) może zostać przeprowadzone przez analizowany most, powodując w jego elementach konstrukcyjnych wystąpienie znacznych naprężeń, które powinny być uwzględnione w analizach zmęczeniowych.



Rys. 9. Wykres wartości czynnika ryzyka zmęczeniowego W_z obliczonego dla oddziału wojskowego, którego strukturę (liczbę i charakter pojazdów) zaprezentowano na rys. 8

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku mostu klasy MLC60, mimo że cały sprzęt analizowanego oddziału może zostać po nim przeprowadzony, naprężenia powstałe w konstrukcji są znacznie mniejsze niż w moście klasy MLC16, przez co czynnik zmęczeniowy W_z dla tej konstrukcji przyjmuje mniejszą wartość, tj. $W_z = 0,62$.

PODSUMOWANIE

W artykule celowo pominięto problemy transportu związane z infrastrukturą drogową, traktując je jako osobny obszar, który ze względu na swoją złożoność wymaga szczegółowych rozważań.

Analiza ryzyka z perspektywy jednego tylko czynnika, jakim jest zmęczenie materiału, nie rozwiązuje problemu możliwości zarządzania ryzykiem transportu drogowego. Stanowi jednak bardzo ważny element, być może nawet zasadniczy, w procesie identyfikacji i kwantyfikacji ryzyka zadań transportowych, zwłaszcza takich, które re-

alizowane są w warunkach szczególnych.

Podsumowując, autorzy uważają, że rozpatrywanie zagrożeń transportu w świetle infrastruktury mostowej jest bardzo ważne, ponieważ w sytuacjach kryzysowych, w tym w warunkach wojennych, obiekty te będą szczególnie narażone na awarie.

Autorzy zamierzają prowadzić dalsze badania tego obszaru tematycznego, tak, aby finalnie problem zarządzania ryzykiem utrzymania infrastruktury transportu drogowego w świetle eksploatacji obiektów mostowych był rozpatrywany w sposób kompleksowy.

LITERATURA

- [1]Kapliński O., *Techniki decyzyjne w organizacji i zarządzaniu w budownictwie. Stan wiedzy i problemy komputeryzacji*, [w:] „Metody Komputerowe w Inżynierii Lądowej”, nr 2, t. 4, 1994.
- [2]Kasprowicz T., *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych*. Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu. Warszawa 2002.
- [3]Skorupka D., *Identification and Initial Risk Assessment of Construction Projects in Poland*, [w:] “Journal of Management in Engineering”, July 2008, Volume 24, Number 3, American Society of Civil Engineers 2008, s. 120-127.
- [4]Skorupka D., Duchaczek A., *Zarządzanie ryzykiem eksploatacji wojskowych obiektów mostowych*, [w:] „Materiały z 55 Konferencji Naukowej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB”, Kielce–Krynica, 20-25 września 2009, s. 563-570.
- [5]Szelka J., *Akwizycja wiedzy w systemach eksperckich wspomagających odbudowę tymczasową dróg i mostów zniszczonych przez falę powodziową*. Projekt badawczy nr OTOOA 0051. KBN, Warszawa 2003.
- [6][online]. [dostęp: styczeń 2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.wikipedia.org>
- [7]Szelka J., Kamyk Z., *Odbudowa mostów po zniszczeniach wojennych w byłej Jugosławii - przez wojska ONZ*, [w:] Materiały z X Seminarium nt.: „Współczesne metody wzmacniania i przebudowy mostów” Poznań - Kiekrz, 6 - 7.07.2000, Referaty, s. 260-287.
- [8]Mańko Z., *Pęknięcia spoin w stalowych przęsłach mostu kolejowego*, [w:] „Konstrukcje stalowe”, Nr 6 (71), grudzień 2004, s. 31-34.
- [9]Duchaczek A., Kamyk Z., Mańko Z., *Procesy zmęczeniowe w stalowych mostach wojskowych*, [w:] XIX Seminarium nt. „Współczesne Metody Budowy, Wzmacniania i Przebudowy Mostów”, Poznań – Rosnówko, 9–10 czerwca 2009, s. 24–25 (pełny tekst referatu na płycie CD).
- [10]*Trilateral Design and Test Code for Military Bridging and Gap-crossing Equipment*, Agreed to by: Federal Republic of Germany, United Kingdom and United States of America published in the United States in January 2005.
- [11]*STANAG 2021. Obliczanie wojskowej klasy obiektów mostowych, promów, tratw i pojazdów*.
- [12]*STANAG 2010: Oznaczenie wojskowej klasyfikacji obciążeń*.

- [13] German J., Podstawy mechaniki pękania. Politechnika Krakowska, Kraków 2001.
- [14] Sobczyk K., Spencer B. F.: *Stochastyczne modele zmęczenia materiałów*, WNT, Warszawa 1996.
- [15] *Opis metody szybkiego wyznaczania wojskowej klasy obciążenia obiektów mostowych zgodnie ze standardami NATO – MILORY*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie. [online]. [dostęp: październik 2006]. Dostępny w Internecie: <http://www.gddkia.gov.pl>

MANAGING RISK OF ROAD TRANSPORT INFRASTRUCTURE MAINTENANCE IN LIGHT OF OPERATING MILITARY BRIDGES

Summary

The article concerns the issue of analyzing the risk factors of military bridge construction. It provides the mathematical description of risk identification. The article also presents the process of assessing risk factors. In addition, the authors put forward a proposal for the quantification of one of the most essential risk factors.

The article concludes with summing up the opinions of the practical advantages of the mathematical description. Moreover, in the authors' opinion, more scientific research is necessary, in particular for compiling a list of risk factors that can affect military bridges.

Key words: *risk management, transport, logistics, military bridges*

Artykuł recenzował: dr hab. inż. Zdzisław HEJDUCKI