

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Model obciążeń urządzeń przeładunkowych w transporcie intermodalnym

Jacek Karliński¹, Mariusz Stańco¹, Weronika Huss², Rafał Sornek³

¹Katedra Konstrukcji Badań Maszyn i Pojazdów, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska

²Katedra Eksploatacji Systemów Technicznych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska

³FORTACO Sp. z o.o. Oddział Wrocław

email: jacek.karliński@pwr.edu.pl, pawel.maslak@pwr.edu.pl, weronika.huss@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE: Autorzy w artykule przedstawili wyniki prac, których celem było m.in. ocena wyężenia ustroju nośnego wysięgnika teleskopowego wózka wysokiego składowania oraz określenie jego trwałości. Prace te polegały między innymi na zdefiniowaniu widma obciążeń wynikającego ze zróżnicowanego charakteru eksploatacji urządzeń związanego ze składowaniem kontenerów. Analizie poddano dane z systemu monitorowania floty jednego z wiodących producentów tego typu urządzeń. Udostępnione dane zawierały informację o masie kontenerów oraz konfiguracji wysięgników (wysuw, kąt podniesienia) w jakich kontenery były podnoszone lub opuszczane. Uzyskane dane dotyczyły kilkuset maszyn jednego typu rozlokowanych w różnych węzłach przeładunkowych (np. kolejowo-drogowych, portach morskich, portach rzecznych itp.). Dane, które poddano analizie dotyczyły wybranego okresu pracy bez wyróżnienia typu węzła przeładunkowego oraz środka transportu. Na podstawie uzyskanych danych wytypowano dominujące w eksploatacji konfiguracje geometryczne wysięgnika teleskopowego oraz związane z nimi obciążenia ekwiwalentne. Opracowane dane posłużyły do oceny trwałości ustroju nośnego wysięgnika.

SŁOWA KLUCZOWE: reachstacker, ocena trwałości, widmo obciążeń, transport intermodalny

1. Wstęp

Transport intermodalny oparty jest na przewozie ładunków w jednostkach ładunkowych (np. kontenerach, nadwoziach wymiennych itp.), bez wykonywania przeładunku przewożonego towaru związanego ze zmianą użytego środka transportu [4]. W przypadku transportu w kontenerach transport towarów od jego rozpoczęcia, aż do momentu dotarcia do celu (od nadawcy do odbiorcy) odbywa się w tym samym kontenerze. Aby uznać transport za intermodalny to m.in. należy w jego trakcie użyć co najmniej dwóch gałęzi środków transportu. Wymaga to przeprowadzenia operacji przeładunku jednostek transportowych (kontenerów) z jednego środka transportu na drugi oraz często konieczność ich składowania. W związku ograniczoną powierzchnią składowisk oraz koniecznością ograniczenia przejazdów związanych z relokacją jednostek ładunkowych na placu, jednostki ładunkowe w postaci kontenerów są składowane wielopoziomowo. Do tego celu wykorzystuje się między innymi Reachstacker'y. Reachstacker to urządzenie o podwoziu kołowym wyposażone w wysięgnik teleskopowy umożliwiający wielopoziomowe składowanie kontenerów (rys. 1).

2. Obiekt badań

Reachstacker'y to urządzenia wykorzystywane głównie do przeładunku kontenerów w portach i terminalach przeładunkowych. Strukturalnie, urządzenia te oparte są o podwozie kołowe, ramę nośną, oraz wysięgnik teleskopowy podnoszony przez dwa uchylne siłowniki. Na końcu wysięgnika zamocowane jest urządzenie do chwytania kontenerów tzw. spreader. (rys. 1). Ze względu

na dużą liczbę przenoszonych kontenerów o zróżnicowanej masie jednostkowej, dokładna znajomość wyężenia ustroju nośnego wysięgnika jest niezwykle istotna z punktu widzenia szacowanie trwałości zmęczeniowej obiektu. Z uwagi na zmienność położenia zarówno wysięgnika (zmienny zakres długości, zmienny kąt podnoszenia/odkładania kontenera) jak i kontenera (zmienna masa i zmienny środek ciężkości) wytypowanie jednego kluczowego przypadku wymiarującego ustrój nośny jest nieosiągalne.



Rys. 1. Budowa urządzenia do przenoszenia kontenerów [5]

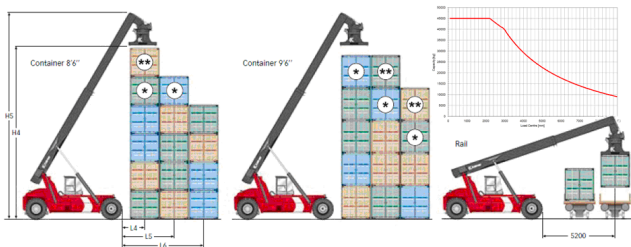
3. Obciążenia doraźne

Kontenery transportowane drogą lądową muszą spełniać wymagania dotyczące masy własnej, by podczas ich transportu pojazdami o trój lub czteroosiowym podwoziu lub ewentualnie z wykorzystaniem zespołu pojazdów (ciągnik z naczepą) nie przekroczyć dopuszczalnej masy całkowitej. Wymogi te muszą odpowiadać odpowiednim

regulacjom prawnym [1, 2] i tak w polskich terminalach kontenerowych masy te nie mogą przekroczyć:

- 25t (pojazd trzyosiowy);
- 32t (pojazd czteroosiowy) [3].

Dane dotyczące maksymalnych mas kontenerów oraz dane dotyczące krzywej stateczności mogą służyć do określenia przypadków obliczeniowych związanych z wytrzymałością doraźną (rys. 2).

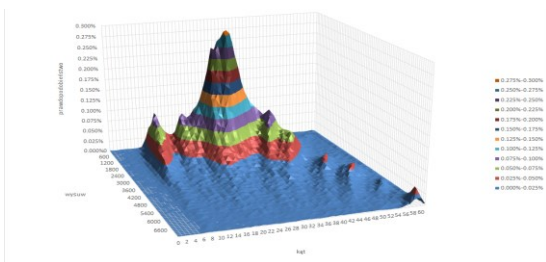


Rys. 2. Przykładowe konfiguracje pracy urządzenia oraz ich powiązanie z krzywą stateczności [5].

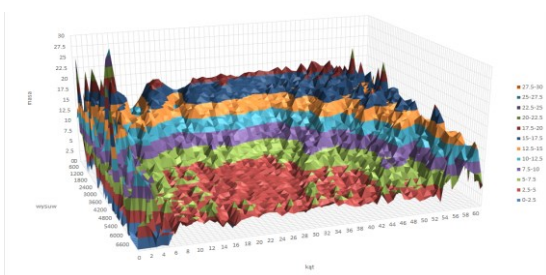
4. Statystyki obciążeń [6]

Analizę danych z kilkuset urządzeń tego samego typu wykonano z podziałem na klasy wynikające z zarejestrowanej wartości kąta (klasy co 1 stopień) oraz wysuwu (klasy z wysuwem zwiększającym się co 100 mm) odrębnie dla zdarzeń związanych z podnoszeniem oraz opuszczaniem kontenerów.

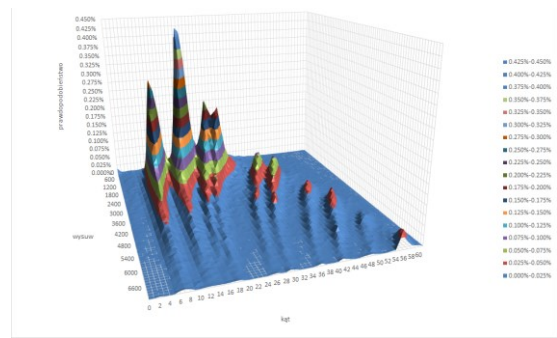
Wykonanie analiz z przyjętymi klasami (co 1 stopień i 100mm wysuwu) pozwoliło uwzględnić: 72 warianty zmian wysuwu oraz 62 warianty zmian kąta, co daje 4464 kombinacje geometrii osobno dla zdarzeń związanych z podnoszeniem oraz opuszczaniem (razem 8928 analizowanych przypadków). Przykładowe wyniki tych analiz przedstawiające prawdopodobieństwo wystąpienia konfiguracji pokazano na rysunkach. Wyniki tych analiz przedstawiono na rysunkach 3 i 5, Natomiast średnią wartość obciążenia kontenerem na rys. 4 i 6.



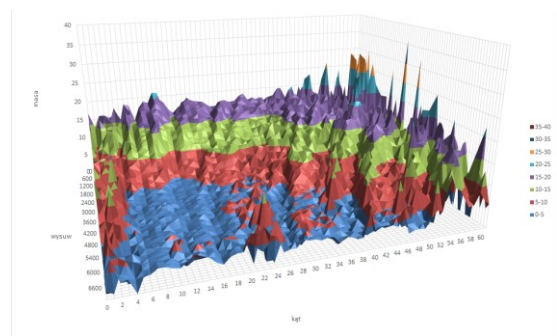
Rys. 3. Prawdopodobieństwo wystąpienia danej konfiguracji [%] – podnoszenie



Rys. 4. Średnia masa ładunku [Mg] – podnoszenie



Rys. 5. Prawdopodobieństwo wystąpienia danej konfiguracji [%] – opuszczanie



Rys. 6. Średnia masa ładunku [Mg] – opuszczanie

5. Podsumowanie

Po analizie sformułowane następujące wnioski:

- 80,5% zdarzeń przy podnoszeniu dotyczy 23,7% konfiguracji kąta i wysuwu,
- 83,4% zdarzeń związanych z opuszczaniem dotyczy 21,96% konfiguracji kąta i wysuwu.
- występująca korelacja między wartością kąta podniesienia oraz wartością wysuwu wynika ze składowaniu kontenerów w ściśle określonych obszarach (ta korelacja szczególnie widoczna jest w przypadku opuszczania kontenerów).

Praca powstała w ramach projektu POIR.01.01.01-00-1298/20-00 pt.: „SmartSteel – Łańcuch narzędziowy do estymacji i udostępniania informacji o wartości rezydualnej komponentów stalowych z wykorzystaniem technologii IoT i blockchain” współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Inteligentny Rozwój 2014-2020 w konkursie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju „Szybka Ścieżka” (Konkurs 6/1.1.1/2020).

Literatura

- [1] Polski Rejestr Statków - Przepisy budowy kontenerów PRS 2014.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia z dnia 31.12.2002 r.
- [3] Procedura dotycząca weryfikowania dopuszczalnej masy całkowitej pojazdu lub zespołu pojazdów wjeżdżającego na DCT Gdańsk S.A. („DCT”) w celu podjęcia kontenera.
- [4] Z. Korzeń, Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania. Instytut Logistyki i Magazynowania, 1998.
- [5] Materiały informacyjne firmy Kalmar.
- [6] J. Karliński, M. Stańco, W. Huss, M Krawczyk: Analiza BigData w celu określenia przypadków obliczeniowych dla najczęstszych położań pracy maszyny. Raport serii sprawozdania nr SPR 074/2021. Wydział Mechaniczny Politechniki Wrocławskiej. 2021.