

Kraków, dnia 20 czerwca 2022 r.

Tytuł pracy doktorskiej: STATECZNOŚĆ CIĘŻKICH MASZYN ROBOCZYCH PRACUJĄCYCH NA PODŁOŻU SŁABONOŚNYM

Autor: mgr inż. Mateusz RICHTER

Promotor: dr hab. inż. Aleksander URBAŃSKI, prof. PK

Streszczenie w języku polskim

Niniejsza praca badawcza dotyczy stateczności ciężkich maszyn o gąsienicowym układzie jezdnym, które wykonują pracę lub poruszają się na gruntach słabonośnych. Podjęcie tej tematyki spowodowane jest występującymi wypadkami związanymi z przewróceniem się ciężkich maszyn, o których od czasu do czasu informują media wskazując na ich potencjalnie niebezpieczeństwo zarówno dla bezpośredniego otoczenia (pracowników budowlanych oraz terenu prowadzonych robót budowlanych) jak i osób postronnych. Jednym z przykładów jest zdarzenie, które miało miejsce w maju 2003 roku w Wielkiej Brytanii w wyniku którego doszło do przewrócenia się palownicy na czynną linię kolejową. Chociaż nikt nie został ranny, dwie minuty wcześniej w miejscu wypadku przejechał pociąg pasażerski.

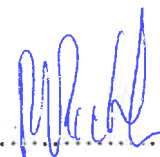
Jednym z podstawowych zagadnień związanych ze statecznością ciężkich maszyn jest określenie podstawowych parametrów maszyny (jej całkowitego ciężaru Q , wymiarów gąsienic: długości – L , szerokości – B oraz ich rozstawu osiowego – D) oraz nośności granicznej podłoża gruntowego po którym ma poruszać się lub wykonywać pracę maszyna. W przypadku niedostatecznej nośności podłoża gruntowego wymagane jest wzmocnienie w postaci tymczasowej konstrukcji wzmacniającej jaką jest platforma robocza.

W tej pracy dokonano syntetycznej dekompozycji problemu interakcji: maszyna budowlana – platforma robocza – podłoże gruntowe wyodrębniając problematykę związaną z maszyną budowlaną (m.in. wpływ mimośrodowo położenia środka ciężkości maszyny na jej stateczność), platformą roboczą (m.in. określanie nośności granicznej) oraz podłożem gruntowym (m.in. określanie nośności granicznej wielowarstwowego podłoża gruntowego). Istotnym elementem pracy jest przegląd dotychczasowych rozwiązań dotyczących określenia nośności wielowarstwowego podłoża gruntowego, który jest podstawą do sformułowania teoretycznych rozwiązań dotyczących nośności podłoża gruntowego pod obciążeniem maszyny gąsienicowej. Na początku pracy opracowano teoretyczne podstawy interakcji gąsienicowy układ jezdny – platforma robocza – podłoże gruntowe. W kolejnym etapie wykonano trójwymiarowy model komputerowy uwzględniający tylko jedną gąsienicę w związku z zastosowaniem symetrii układu (Model 3D $\frac{1}{2}$). Wyniki uzyskane z Modelu 3D $\frac{1}{2}$ dla różnych wartości bezwymiarowego mimośrodowo położenia wypadkowej siły ciężkości e tworzą podstawowe charakterystyki: kąt obrotu $\varphi(e)$ oraz przemieszczenie $w(e)$ obliczone w środku układu jezdny. Z uzyskanych charakterystyk można wywnioskować, że przy pewnej,

granicznej wartości mimośrodów dochodzi do nagłego wzrostu kąta obrotu $\varphi(e)$ oraz przemieszczenia $w(e)$, które sygnalizują początek utraty stateczności maszyny. Wszystkie modele komputerowe wykonano z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES) za pomocą programu ZSoil 2016 v16.03 x64. Następnie wyniki Modelu 3D $\frac{1}{2}$ aproksymowano za pomocą wyprowadzonych równań aproksymujących (Model aproksymacji) w specjalnie napisanym do tego celu skrypcie obliczeniowym. Korzystając z wyników Modelu 3D $\frac{1}{2}$ oraz Modelu aproksymacji oraz zważywszy na czasochłonność obliczeń komputerowych związanych z czasem potrzebnym na wykonanie modelu komputerowego i czasem potrzebnym do uzyskania wyników (ze względu na dużą liczbę równań równowagi) podjęto próbę stworzenia zamkniętego rozwiązania pozwalającego na uzyskanie charakterystyk $\varphi(e)$ i $w(e)$ w sposób wyłącznie analityczny (Model analityczny). Następnie wyniki uzyskane z Modelu 3D $\frac{1}{2}$ porównano z wynikami Modelu analitycznego wykazując zgodność ilościową oraz jakościową. W kolejnym etapie badań wykonano trójwymiarowy model komputerowy uwzględniający dwie gąsienice oraz pozwalający na pełną symulację zachowania się maszyny gąsienicowej na podłożu gruntowym (Model 3D). Wyniki uzyskane z Modelu 3D porównane z wynikami Modelu analitycznego ostatecznie potwierdziły poprawność Modelu analitycznego. Oprócz możliwości otrzymania podstawowych charakterystyk $\varphi(e)$ i $w(e)$ Model analityczny pozwala na wykreślenia krzywych interakcji. Określają one dopuszczalną przestrzeń pary mimośrów e_x, e_y , które pozwalają na zachowanie stateczności maszyny gąsienicowej. Przedstawienie krzywych interakcji (e_x, e_y) w postaci nomogramów umożliwia ich praktyczne wykorzystanie przez inżynierów w procedurze projektowej platform roboczych.

Dodatkowo dokonano analizy najczęściej spotykanych problemów związanych z wykonywaniem pracy przez maszyny gąsienicowe na placu budowy: zróżnicowanej nośności granicznej podłoża gruntowego pod każdą z gąsienic (na przykład w wyniku wyjechania jedną z gąsienic poza obszar platformy roboczej) oraz dopuszczalnego nachylenia terenu przy zjeździe maszyny budowlanej (na przykład w wyniku pochylenia terenu na placu budowy).

W zakończeniu pracy badawczej na podstawie przeprowadzonych wielomodelowych analiz (Model 3D $\frac{1}{2}$, Model aproksymacji, Model analityczny oraz Model 3D) oraz interpretacji ich wyników dokonano scalenia wykonanej w początkowej fazie badań dekompozycji problemu interakcji maszyna budowlana – platforma robocza – podłoże gruntowe przedstawiając proponowany algorytm projektowania platform roboczych.



.....
podpis