

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wybrane zagadnienia analizy masztów, ze szczególnym uwzględnieniem sprężysto-plastycznych właściwości odciągów. Głównym celem przedstawionych analiz było wykazanie różnic w pracy statycznej masztów o odciągach z lin po wstępnym przeciągnięciu ($E = \text{const}$), w stosunku do masztów podpartych za pomocą lin bez wstępnego przeciągnięcia ($E \neq \text{const}$). W pierwszym przypadku, stała wartość współczynnika sprężystości E liny sprawia, że trzon masztu po obciążeniu i odciążeniu powraca do pierwotnej konfiguracji. Natomiast maszt z odciągami o charakterystyce sprężysto-plastycznej ($E \neq \text{const}$), po ustaniu obciążenia nie powraca do początkowej pozycji pionowej, lecz pozostaje lekko odchylony od pionu. Takie zachowanie wynika z powstania trwałych odkształceń lin po odciążeniu, co prowadzi do spadku sił wstępnego napięcia w odciągach i zmniejszenia sztywności masztu. Wymagana jest więc tu okresowa rektyfikacja i korekta sił wstępnego naciągu lin, szczególnie w początkowym okresie eksploatacji. Uwzględnienie tego rodzaju nieliniowości w analizie statycznej przyczynia się do wzrostu dokładności obliczeń masztu. Do przeprowadzenia analiz numerycznych w stanie niesprężystym wykorzystano nieliniowe zależności $\sigma - \varepsilon$ dwóch lin o różnej konstrukcji, uzyskane z badań doświadczalnych.

W rozdziale 1. przedstawiono charakterystykę masztów z odciągami. Omówiono rodzaje, zastosowania, zasady konstruowania wraz z przykładami rozwiązań oraz technologię montażu. Zebrano i usystematyzowano wiadomości na temat obciążeń stałych, środowiskowych (oddziaływania wiatru, oblodzenia i temperatury) i wyjątkowych, tj. zerwania pojedynczego odciążu, czy zróżnicowanego osiadania podstawy masztu i fundamentów odciągów, a także kombinacji tych obciążeń. Przedstawiono aktualny stan wiedzy dotyczący obliczeń masztów z odciągami, zawierający rys historyczny powstania masztów oraz ewolucję stosowanych modeli obliczeniowych trzonu masztu i odciągów. Powołano się tutaj na najważniejsze pozycje literaturowe i wytyczne normowe. Wyjaśniono również zjawiska nieliniowości geometrycznej oraz nieliniowości fizycznej lin stosowanych na odciągi. Podano też przedmiot, cel, zakres i tezę niniejszej pracy.

W rozdziale 2. zebrano i opisano podstawowe informacje techniczne dotyczących odciągów masztu. Opisano rodzaje, materiały do produkcji, właściwości mechaniczne, zabezpieczenia antykorozyjne, obowiązujące wytyczne normowe dotyczące wymiarowania i rodzaje zakotwień lin stosowanych na odciągi masztów. Omówiono statykę pojedynczego ciągu, z uwzględnieniem przybliżonego i ścisłego rozwiązania.

W kolejnym, 3. rozdziale opisano badania doświadczalne liny jednozwitej 1x37 i dwuzwitej 6x19, przeprowadzone przez autorkę na Wydziale Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji Politechniki Koszalińskiej. Celem tych badań było wyznaczenie rzeczywistych właściwości tych lin stalowych, tj. określenie zależności $\sigma - \varepsilon$, ustalenie stałego współczynnika sprężystości E liny po wstępnym jej przeciągnięciu oraz określenie rzeczywistej wartości siły zrywającej linę. Wszystkie badania doświadczalne przeprowadzono na podstawie statycznej próby rozciągania lin w maszynie wytrzymałościowej INSPEKT 600. Opis przebiegu badań poprzedzono szczegółowym omówieniem procedury przygotowania próbek lin oraz opisem aparatury pomiarowej i oprogramowania wykorzystanego w trakcie badań.

Rozdział 4. poświęcono na przedstawienie aktualnych zasad obliczania masztów. Omówiono modele obliczeniowe trzonu masztu z uwzględnieniem modelu zastępczego o trzonie belkowym i modeli dokładnych tj. model kratowy (*truss model*) i model ramowo-kratowy (*frame-truss model*). Opisano wybrane metody rozwiązywania konstrukcji prętowo-ciężnowych w zakresie nieliniowym. Przedstawiono teoretyczne podstawy zastosowania MES do analizy masztów z odciągami. Scharakteryzowano środowisko systemu SOFiSTiK, które zostało wykorzystane do przeprowadzenia analiz numerycznych konstrukcji masztów z odciągami.

Rozdział 5. dotyczy wybranych zaawansowanych analiz numerycznych masztów z odciągami, przeprowadzonych w programie SOFiSTiK, przy wykorzystaniu metody elementów skończonych MES. Przedstawione przykłady zostały zróżnicowane pod względem geometrii, lokalizacji, klasy niezawodności konstrukcji, wysokości, szerokości boku trzonu masztu, liczby poziomów zamocowania odciągów oraz różnych konstrukcji i właściwości lin odciągowych. Główne analizy numeryczne poprzedzono wybranymi przykładami testowymi pojedynczego ciężaru i wybranej konstrukcji masztowej. Wyniki tych analiz skonfrontowano z wynikami obliczeń analitycznych, z wykorzystaniem przybliżonego równania ciężaru oraz wynikami z programu MAST autorstwa prof. Szymona Pałkowskiego.

Uwagi końcowe, zawierające podsumowanie, nowe elementy rozprawy, jak również proponowane kierunki dalszych prac zawarto w rozdziale 6. Informacje uzupełniające załączono w wersji elektronicznej na płycie CD. Są to m. in. dwa załączniki przedstawiające zebranie obciążeń odpowiednio na maszt wysokości 190 m (jako uzupełnienie pkt. 5.5) i maszt wysokości 200 m (pkt. 5.4). Pracę kończy zestawienie literatury, obejmujące 259 pozycji, a także spis rysunków i tablic.

Renata Pigoń