

Katarzyna CHRUIK

ZASTOSOWANIE METOD NUMERYCZNYCH W PROJEKTOWANIU I OPTYMALIZACJI KONSTRUKCJI KOLEJOWYCH ZESTAWÓW KOŁOWYCH – CZĘŚĆ II

Streszczenie. Obecnie spotykane postacie konstrukcyjne kolejowych zestawów kolejowych są wynikiem nałożenia się doświadczeń eksploatacyjnych i technologii, a w ostatnim okresie także wyników analiz numerycznych wykorzystywanych przy ich projektowaniu. Jedną z metod symulacji numerycznych służącą do wyznaczenia przemieszczeń i naprężeń powstałych pod wpływem eksploatacji w tych elementach jest Metoda Elementów Skończonych (MES). Podkreślając wielkie możliwości i przydatność MES, należy zwrócić uwagę na konieczność bardzo przemyślanego i rozważnego stosowania tej metody. Jest ona metodą przybliżoną. Jej wyniki odnoszą się nie do rzeczywistych układów konstrukcyjnych, ale do ich modeli. Występuje więc różnica między realnym problemem a wynikami obliczeń przeprowadzonymi na jego modelu. Referat jest kontynuacją problematyki przedstawionej w pracy [1].

NUMERICAL METHODS IN COMPUTER AIDED OPTIMAL DESIGN OF RAILWAY WHEEL SET - PART II

Summary. Constructional forms of wheel sets currently appearing resulted from exploitation and technological experiences, and lately also – from numerical analysis which are used in wheel set projecting. One of the numerical simulation method which is used in exploitation dislocation and stresses allocated in these elements, is The Finite Elements Method (MES). It is necessary to pay attention to MES' great chances and usefulness. At the same, the fact is that The MES is approximate method. It is very important to be thoughtful and careful using it because its results relates to constructional models, not real constructional forms, and there are the difference between the real problem and the results of the calculations which are accomplished on the basic of their model.

1. WPROWADZENIE

Przy obecnym poziomie techniki i wiedzy proces projektowania można znacznie uprościć stosując komputerowe symulacje oparte na metodzie elementów skończonych (MES). Przedmiotem rozważań są obliczenia numeryczne wytrzymałości różnych postaci konstrukcyjnych kolejowych zestawów kołowych oparte na metodzie elementów skończonych.

Symulacja komputerowa rozkładu przemieszczeń i naprężeń w kolejowych zestawach kołowych będzie przeprowadzana na najbardziej rozpowszechnionych programach obliczeniowych bazujących na metodzie elementów skończonych:

- PATRAN/NASTRAN,
- ANSYS,
- COSMOS/M.

Zastosowanie trzech programów wykorzystujących MES umożliwi sprawdzenie zbieżności uzyskanych wyników (dokładność, czas obliczeń, porównanie modelu płaskiego i przestrzennego), przy założeniu że dane wejściowe (geometria, materiał, warunki brzegowe, podział na elementy skończone) będą takie same. Przed przystąpieniem do badań należy więc ustalić dane wejściowe do obliczeń tak, aby możliwe było porównanie tych metod obliczeń.

Dane te można podzielić na następujące grupy:

- dane opisujące geometrię konstrukcji – koło o konstrukcji niemieckiej;
- dane opisujące własności materiałów – stal P52 (R7 wg UIC) stosowana na koła kolejowe;
- dane do generowania siatki elementów skończonych – siatka heksagonalna o max. długości brzegu elementu 20 mm automatycznie generowana przez program;
- dane opisujące warunki brzegowe (wcisk montażowy 0,21 mm, siła statyczna wynikająca z masy wagonu 22,5 T/oś, siły odśrodkowe przy prędkości 100 km/h, hamowanie długotrwałe mocą 40 kW przez okres 1200 s.

Wynikiem pracy będzie opracowanie metodyki projektowania i dobierania optymalnej postaci konstrukcji kolejowego zestawu kołowego dla zadanych warunków eksploatacyjnych (prędkość, obciążenie na oś itp.), która spełni wymagania dotyczące bezpieczeństwa, Polskich Norm oraz Kart UIC/ORE i innych kryteriów optymalizacji.

2. WSTĘPNE OBLICZENIA NUMERYCZNE KOLEJOWYCH ZESTAWÓW KOŁOWYCH

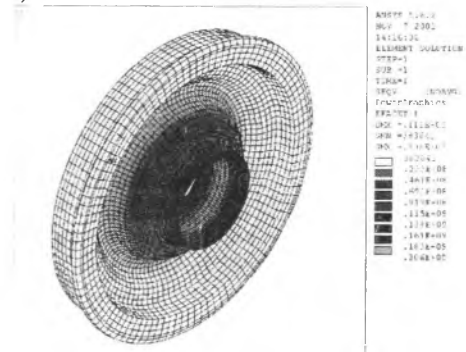
Wstępne porównanie rozpoczęto od programów PATRAN/NASTRAN, ANSYS oraz COSMOS/M. Założono siatkę elementów skończonych tetragonalnych o maksymalnej wartości brzegu elementu 20 mm. Pierwsza analiza miała na celu sprawdzenie poprawności przeprowadzanych obliczeń.

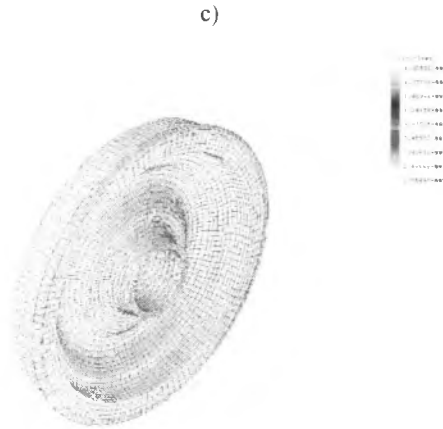
Po wprowadzeniu danych geometrycznych i materiałowych otrzymano siatkę elementów skończonych – rys. 1.

a)



b)





Rys. 1. Siatki elementów skończonych koła monoblokowego o profilu niemieckim otrzymane przy pomocy programu: a) PATRAN/NASTRAN, b) ANSYS, c) COSMOS/M

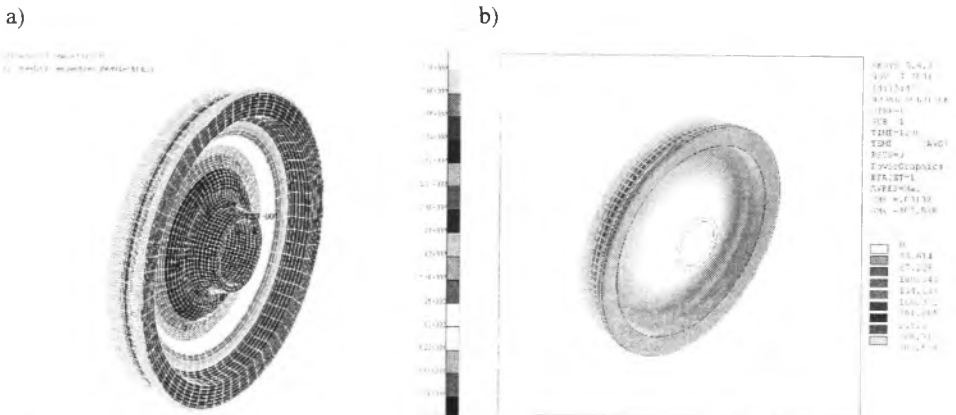
Fig. 1. Finite element mesh of German profile monoblock wheel obtained with the help of following programmes: a) PATRAN/NASTRAN, b) ANSYS, c) COSMOS/M

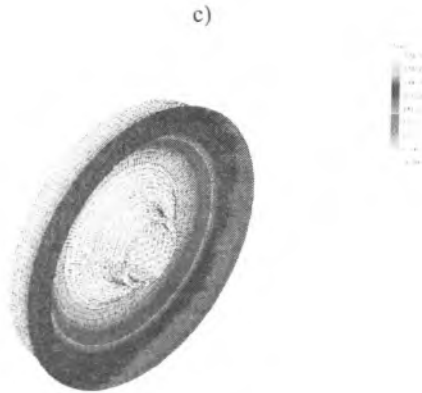
Następnie zostały wprowadzone warunki brzegowe charakteryzujące obciążenia kolejowego zestawu kołowego wynikające z technologii wykonania i eksploatacji:

- wcisk montażowy 0,21 mm;
- siła statyczna wynikająca z masy wagonu 22,5 T/oś;
- siły odśrodkowe przy prędkości 100 km/h;
- hamowanie długotrwałe mocą 40 kW przez okres 1200 s.

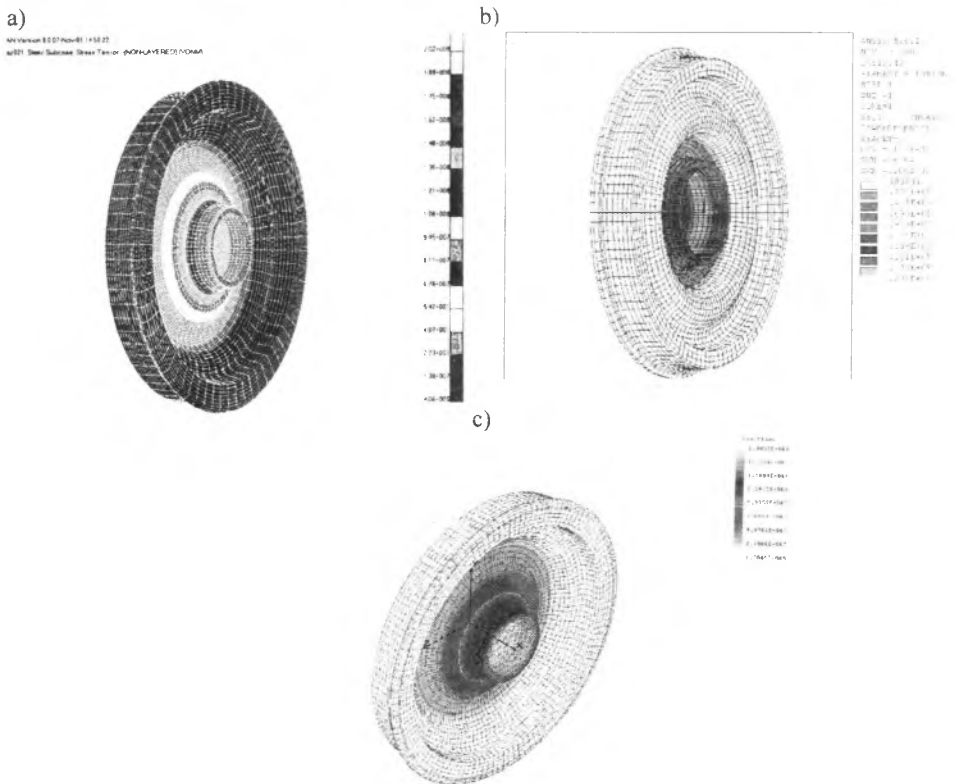
Wynikiem obliczeń są mapy temperatur, przemieszczeń i naprężeń powstałych pod wpływem eksploatacji.

Przykładowe mapy temperatur powstałych pod wpływem hamowania długotrwałego pokazano na rysunku 2, a mapy naprężeń powstałe pod wpływem wcisku montażowego na rysunku 3.





Rys. 2. Mapy temperatur występujących w kole monoblokowym o profilu niemieckim wynikające z hamowania długotrwałego otrzymane przy pomocy programu: a) PATRAN/NASTRAN, b) ANSYS, c) COSMOS/M
 Fig. 2. Temperature charts occurred in the German profile monoblock wheel resulting from long term braking obtained with the help of following programmes: a) PATRAN/NASTRAN, b) ANSYS, c) COSMOS/M



Rys. 3. Mapy naprężeń występujących w kole monoblokowym o profilu niemieckim wynikające z wcisku montażowego otrzymane przy pomocy programu: a) PATRAN/NASTRAN, b) ANSYS, c) COSMOS/M
 Fig. 3. Stresses charts occurred in the German profile monoblock wheel resulting from assembling interference, obtained with the help of the following programmes: a) PATRAN/NASTRAN, b) ANSYS, c) COSMOS/M

4. UWAGI I WNIOSKI

Wstępne porównanie programów komputerowych bazujących na metodzie elementów skończonych (MES) pozwoliło na sprawdzenie metodologii obliczeń przemieszczeń i naprężeń kolejowych zestawów kołowych wynikających z technologii zestawu oraz eksploatacji – tablica 1. Wykazało również występowanie różnych wyników w zależności od doboru programu komputerowego.

Tablica 1

Porównanie wyników obliczeń

Rodzaj obciążenia	PATRAN/NASTRAN			ANSYS			COSMOS/M		
	σ [MPa]	Temp [°C]	Czas obliczeń [s]	σ [MPa]	Temp [°C]	Czas obliczeń [s]	σ [MPa]	Temp [°C]	Czas obliczeń [s]
1. Wcisk montażowy	202	-	10	205	-	11	198	-	13
2. Siły statyczne	216,2	-	2,5	194	-	10	218,5	-	19
3. Siły odśrodkowe	7,29	-	2,5	7,43	-	8	7,61	-	20
4. Hamowanie długotrwałe	595	338	47	424	302	50	553	379	20

Różnice wynikają z automatycznej generacji siatki zależnej od programu (powodującej różnice w jej strukturze) oraz z modelu matematycznego służącego do obliczeń poszczególnych obciążeń różnego w każdym programie.

Aby porównać wyniki, należy w dalszej kolejności:

- zastosować dużo dokładniejszą siatkę składającą się z elementów heksagonalnych lub zastosować identyczny model siatki poprzez import;
- przeprowadzić obliczenia dla różnych geometrii kół kolejowych (różny profil tarczy i piasty);
- przeprowadzić badania doświadczalne określające dokładną wartość przemieszczeń i naprężeń występujących w kole zestawu kolejowego pod wpływem technologii wykonania i eksploatacji.

Literatura

1. Chrużik K., John A., Sitarz M.: Zastosowanie metod numerycznych w projektowaniu i optymalizacji kolejowych zestawów kołowych – Część I. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Transport z. 40, Gliwice 2000, str. 51-69.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Paweł Piec

Abstract

It is necessary to pay attention to MES' great chances and usefulness. At the same, the fact is that The MES is approximate method. It is very important to be thoughtful and careful using it because its results relates to constructional models, not real constructional forms, and there are the difference between the real problem and the results of the calculations which are

accomplished on the basis of their model (Fig.4.). As it is shown, the program used in calculations carries weight in closing stage of modeling. In the paper strength analysis of wheel sets for the very same entrance- particulars (geometry, material, edge conditionals, final elements partition) will be carried out by using following computer programs: ANSYS, PATRAN/ NASTRAN, COSMOS, KOLO_PC. The comparison of these programs should allow apply the optimum program for this type of calculations.

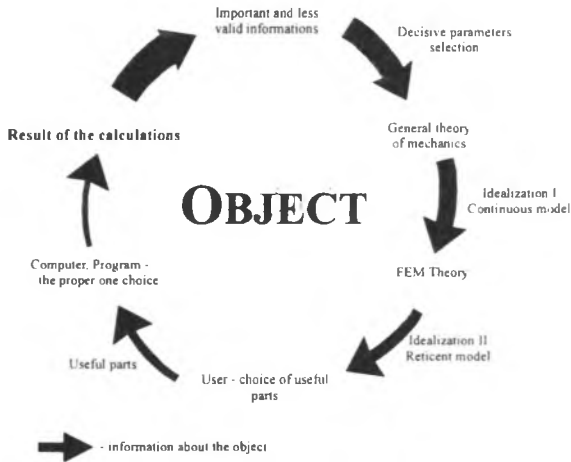


Fig. 4. Stages and simplifications on the way: from reality to results

Praca wykonana w ramach Badań Własnych BW- 429/RM10/2001