

Antoni John, Bogna Mrówczyńska

WYZNACZANIE NAPRĘŻEŃ ROBOCZYCH I ZMĘCZENIOWYCH W KOLEJOWYCH ZESTAWACH KOŁOWYCH PRZY ZADANEJ DRODZE I ŚREDNIEJ PRĘDKOŚCI

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób wyznaczania naprężeń roboczych w kolejowych zestawach kołowych po zadanym przebiegu przy założonej średniej prędkości. Do obliczeń wykorzystano metody numeryczne, a w szczególności metodę elementów skończonych (MES). Wytrzymałość zmęczeniową wyznaczono korzystając z wykresów zmęczeniowych Wöhlera, po obliczeniu liczby cykli obciążeń.

THE WORKING STRESS AND THE FATIGUE STRESS IN WHEEL SETS UNDER GIVEN DISTANCE AND AVERAGE VELOCITY.

Summary. The paper presents the method of calculation the working stress and the fatigue stress in wheel sets under given distance and average velocity, using FEM and the Wöhler fatigue diagram.

1. WSTĘP

W 1986 roku, po dłuższej przerwie, zostały wznowione prace badawcze Komitetu Ekspertów Europejskiego Instytutu Badań Kolejowych (Komitet ERRI B 169). Jedną z przyczyn wznowienia prac były problemy z pękaniem kół pod wpływem obciążeń termicznych spowodowanych hamowaniem hamulcem klockowym.

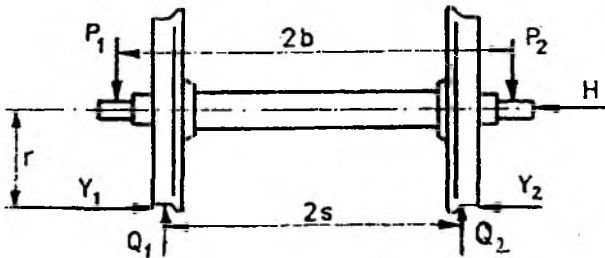
Wszystkie prowadzone przez Komitet badania mają na celu ustalenie kompletnych zasad projektowania kół kolejowych, obejmujących obliczenia, kształtowanie, dobór technologii i metody sprawdzenia wyniku oraz praktyczne zweryfikowanie tych zasad na przykładzie koła dla wagonów towarowych hamowanych hamulcem klockowym. Jako jedno z zadań cząstkowych można traktować wyznaczenie naprężeń roboczych i zmęczeniowych w zestawach kołowych po określonym przebiegu, z zadaną prędkością średnią.

2. METODA WYZNACZANIA NAPRĘŻEŃ ROBOCZYCH (EKSPLOATACYJNYCH)

Naprężenia, którym poddany jest zestaw kołowy w trakcie eksploatacji, wyznaczone są metodą elementów skończonych za pomocą pakietu programów KZK. Programy pakietu rozwiązują zadania geometrycznie osiowo-symetryczne, uwzględniające następujące zagadnienia:

- obciążenia eksploatacyjne (siły skupione pochodzące od ciężaru wagonu i ładunku),
- naprężenia cieplne powstające podczas hamowania,
- naprężenia montażowe (pochodzące od wcisku).

Naprężenia eksploatacyjne wyznaczone są dla sił skupionych modelowanych szeregami Fouriera o składowych osiowo-symetrycznych. Schemat obciążeń zestawu kołowego siłami skupionymi w trakcie eksploatacji przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat obciążeń eksploatacyjnych
Fig. 1. The service load scheme

Oznaczenia :

$$P_1 = m_1 \cdot (0,625 + 0,075 \cdot h_1/b) \cdot g$$

$$P_2 = m_1 \cdot (0,625 - 0,075 \cdot h_1/b) \cdot g$$

$$Y_1 = 0,30 \cdot m_1 \cdot g$$

$$Y_2 = 0,15 \cdot m_1 \cdot g = H$$

$$Q_1 = 0,5 \cdot [P_1 \cdot (b+s) - P_2 \cdot (b-s) + H \cdot r] / s$$

$$Q_2 = 0,5 \cdot [P_2 \cdot (b+s) - P_1 \cdot (b-s) + H \cdot r] / s,$$

gdzie:

m_1 - resorowana masa wagonu przypadająca na jedną oś,
 g - przyspieszenie ziemskie.

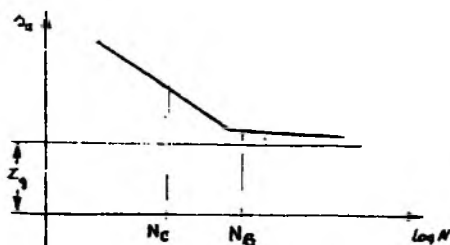
Naprężenia cieplne wyznaczone są dwuetapowo. W etapie pierwszym wyznaczany jest rozkład temperatur po zadanej czasie hamowania, w etapie drugim - rozkład naprężeń wywołany powstałym polem temperatur.

Naprężenia montażowe mogą być wywołane wciskiem na styku oś-koło oraz koło bosc - obręcz (dla kół obręczowanych). Obliczenia mają również przebieg dwuetapowy. Najpierw wyznaczone są siły pochodzące od wcisku, a następnie naprężenia wywołane tymi siłami.

Po wyznaczeniu naprężeń pochodzących od wyżej wymienionych oddziaływań, wyliczane są naprężenia wypadkowe metodą superpozycji, a następnie naprężenia redukowane według hipotezy energii odkształcenia postaciowego Hubera - Misesa - Hencky'ego.

3. NAPRĘŻENIA ZMĘCZENIOWE

Dla materiału, z którego wykonane są zestawy kołowe, można sporządzić wykres zmęczeniowy Wöhlera (rysunek 2).



Rys. 2. Wykres Wöhlera

Fig. 2. The Wöhler fatigue diagram

Jeżeli zostanie określona liczba cykli naprężeń N_c , którym poddano zestaw kołowy, to z wykresu Wöhlera można odczytać wartość wytrzymałości zmęczeniowej.

Jeżeli liczba cykli N_c jest mniejsza od granicznej liczby cykli N_g (równej około $10 \cdot 10^6$ lub $2 \cdot 10^6$), to określa się ograniczoną wytrzymałość zmęczeniową, czyli podaje naprężenia, które wytrzyma materiał przy zadanej liczbie cykli. Ograniczona wytrzymałość zmęczeniowa jest większa od wytrzymałości zmęczeniowej.

Liczbę cykli określa się na podstawie zadanej drogi i geometrii zestawu kołowego. Mając wyznaczone naprężenia robocze (eksploatacyjne) przy zadanej drodze i średniej prędkości, można je porównać z ograniczoną wytrzymałością.

4. PODSUMOWANIE

Zastosowanie metody elementów skończonych umożliwia efektywne i dokładne rozwiązanie przedstawionego zagadnienia. Zamodelowanie zagadnienia jako osiowosymetrycznego nie zmniejsza ogólności rozważań, natomiast przyspiesza obliczenia i zmniejsza wymiar rozpatrywanego zadania.

Zbudowany program pozwala wyznaczyć naprężenia eksploatacyjne przy zadanej prędkości (z uwzględnieniem hamowania lub bez) i porównanie ich z wytrzymałością zmęczeniową lub ograniczoną wytrzymałością zmęczeniową, przy zadanej liczbie cykli (wynikającej z przebytej drogi).

Porównanie naprężeń roboczych z ograniczoną wytrzymałością zmęczeniową pozwala wyznaczyć współczynnik bezpieczeństwa i prognozować dalszą trwałość zestawu.

Literatura

- [1] Bąk R., Grajek K., Zacharski M. :Metoda numeryczna analizy statycznej stanu naprężenia w kolejowych zestawach kołowych. Instytut Postaw Konstrukcji Maszyn. Politechnika Śląska, Zeszyt 27/61, Gliwice - 1977.
- [2] Zienkiewicz O.C. : Metoda elementów skończonych. „Arkady”, Warszawa 1972.
- [3] Jakubowicz A., Orłoś Z. : Wytrzymałość Materiałów. WNT, Warszawa 1978.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz Świtoński

Wpłynęło do redakcji 04.08.1995

Abstract

It is very important to know the strain and stress in the wheel sets under working loads, it means the gravity loads (fig.1.), the thermal loads and the wheel sets joint loads. The working stress are obtained using FEM. The axisymmetric problem is solved. The fatigue stress are accounted using the Wöhler fatigue diagram (fig.2.). The working stress are compared to fatigue stress. Then the factor of safety and expected life of wheel sets can be calculate.