ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991

Seria: MECHANIKA z.103 Nr kol. 1112

Marian Ostwald

Instytut Mechaniki Stosowanej

Politechnika Poznańska

OPTYMALIZACJA WEKTOROWA POWŁOKOWYCH KONSTRUKCJI TRÓJWARSTWOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę projektowania cienkościennych konstrukcji typu płyta, powłoka z wykorzystaniem metod polioptymalizacji. Model konstrukcji uwzględnia dwa kryteria optymalizacyjne - ugięcie i masę, oraz zbiór warunków ograniczających. Specjalny program komputerowy generuje zbiór rozwiązań kompromisowych oraz zbiór rozwiązań preferowanych. W pracy omówiono wyniki polioptymalizacji kwadratowej płyty trójwarstwowej.

1. WSTĘP

Jedną z najważniejszych zalet konstrukcji trójwarstwowych jest zdolność do przenoszenia dużych obciążeń przy stosunkowo małym ciężarze własnym. Zaleta ta może być lepiej wykorzystana, jeżeli do projektowania takiej konstrukcji wykorzysta się metody projektowania matematycznego [1]. Uwzględnienie przez projektanta kilku kryteriów oceny konstrukcji pozwala lepiej opisać rzeczywiste warunki pracy. Optymalizacja wektorowa komplikuje wybór konstrukcji optymalnej i wymaga innego podejścia do projektowania niż optymalizacja jednokryterialna.

2. SFORMUŁOWANIE ZAGADNIENIA

Zadanie optymalizacji wektorowej polega na znalezieniu wektora zmiennych decyzyjnych $\bar{x}^*$, należącego do zbioru rozwiązań dopuszczalnych Ω i minimalizującego wektorową funkcję celu $\bar{f}(\bar{x})=[f_1(\bar{x}),f_2(\bar{x})] \to \min$ [2],[3]. Ze względów praktycznych wektorową funkcję celu przekształca się w funkcję skalarną za pomocą zależności:

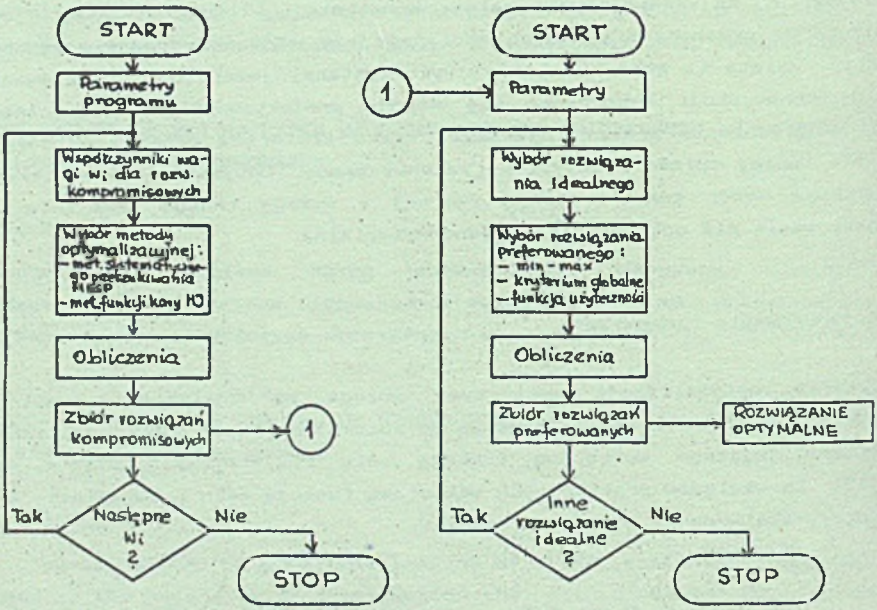
$$\bar{f}(\bar{x}) = \sum_{i=1}^{k} w_i \tilde{f}(\bar{x}) \to \min, \quad w_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^{k} w_i = 1 \tag{1}$$

$$\tilde{f}(\bar{x}) = \frac{f_i(\bar{x}) - f_{imin}(\bar{x})}{f_{imax}(\bar{x}) - f_{imin}(\bar{x})}$$ – znormalizowana funkcja celu,

w_i – współczynniki wagi, f_{imin}, f_{imax} – minimalne i maksymalne wartości funkcji celów, określone poprzez minimalizację każdego kryterium oddzielnie. Zbiór optymalnych rozwiązań kompromisowych (optymalnych w sensie Pareto) stanowi podstawę do znalezienia rozwiązania optymalnego dzięki przyjęciu dodatkowych kryteriów w postaci funkcji preferencji. Dopiero zbiór rozwiązań preferowanych, otrzymany dzięki przyjęciu różnych preferencji umożliwia wybór przez projektanta najlepszego rozwiązania optymalnego, przeznaczonego do realizacji.

3. PROGRAM KOMPUTEROWY

Rozwiązanie zadania wyboru optymalnych parametrów konstrukcji realizowane jest za pomocą programu MOST. Uproszczony schemat blokowy tego programu przedstawiono na rys. 1.



Rys.1 Schemat blokowy programu MOST

Fig.1 Flow-chart of program MOST

4. PRZYKŁAD NUMERYCZNY

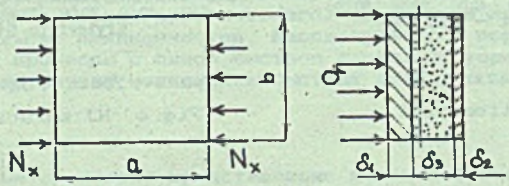
Stosując program MOST określono optymalne grubości warstw kwadratowej trójwarstwowej płyty poddanej osiowemu ściskaniu i ciśnieniu zewnętrznemu (rys.2). Pierwszym kryterium optymalizacyjnym była masa płyty:

$$Q_1 = a\,b\,(\delta_1 \gamma_1 + \delta_2 \gamma_2 + \delta_3 \gamma_3) \rightarrow \text{minimum} \quad [kg], \qquad (2)$$

drugim ugięcie środka płyty:

$$Q_2 = \frac{5}{384} \frac{q\,b^4}{D} m_1 \rightarrow \text{minimum} \quad [mm], \qquad (3)$$

gdzie D_1, m_1 – sztywność płyty i współczynnik.



Rys.2 Model płyty trójwarstwowej

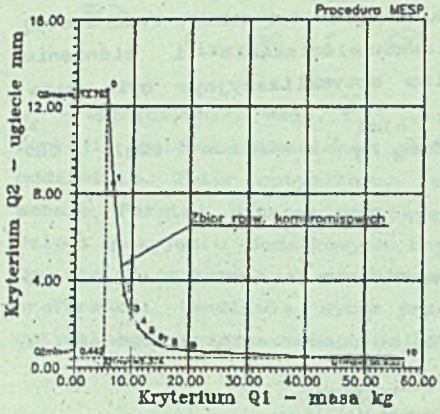
Fig.2 Model of sandwich plate

Warunki ograniczające sformułowane zostały następująco:

1. Dopuszczalne obciążenie krytyczne jest większe od obciążenia zewnętrznego.
2. Naprężenia normalne w poszczególnych warstwach oraz naprężenia styczne w wypełniaczu nie przekraczają wartości dopuszczalnych.
3. Spełnione są dwa warunki określajace ważność wzorów na obciążenia krytyczne.
4. Grubości warstw spełniają warunki: δ_1, $\delta_2 > 0$, $5 \le \delta_3 \le 50$ mm.

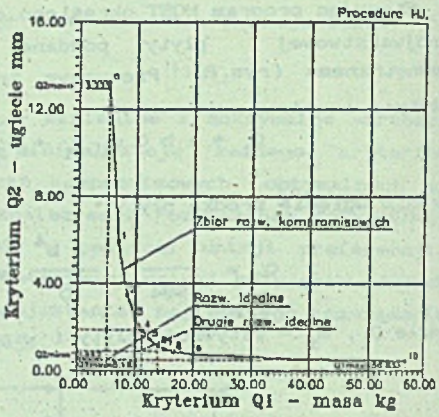
Płyta spełniała jednocześnie 11 warunków ograniczających.

Program MOST umożliwia prowadzenie obliczeń przy zmiennych decyzyjnych podanych w postaci dyskretnej (procedura MESP), oraz w postaci ciągłej (procedura HJ). W pierwszym przypadku zmienne decyzyjne mogą być podane zgodnie z wymogami norm i otrzymane wyniki nadają się do bezpośredniego zastosowania w praktyce. Zbiory rozwiązań kompromisowych otrzymanych za pomocą procedury MESP przedstawiono na rys. 3, a za pomocą procedury HJ na rys. 4. Rozwiązaniami optymalnymi, otrzymanymi za pomocą kryterium globalnego oraz liniowej funkcji użyteczności, są punkty nr 5 z rys. 3 i 4 odpowiadające następującym grubościom warstw płyty: $\delta_1=\delta_2=0.6$ mm, $\delta_3=44$ mm lub $\delta_1=0.623888$ mm, $\delta_2=0.623899$ mm i $\delta_3=43.0632354$ mm.



Rys. 3 Zbiór rozwiązań MESP

Fig. 3 MESP solutions set



Rys. 4 Zbiór rozwiązań HJ

Fig. 4 HJ solutions set

LITERATURA

[1] M. Ostwald; Optimum weight design of sandwich cylindrical shells under combined loads. *Computers and Structures*, (w druku).

[2] S. Jendo, W. Marks; O wielokryterialnej optymalizacji konstrukcji. *Archiwum Inzynierii Ladowej*, t. XXX, z. 1, 1984.

[3] A. Osyczka; Multicriterion optimization in engineering with Fortran programs. *Ellis Horwood Limited*, 1984.

ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ОБОЛОЧЕННЫХ ТРЕХСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Р е з ю м е

В работе представлено решение задачи многоцеловой оптимизаций трехслойной квадратной пластины. Нелинейная проблема принимает во внимание два критерия - минимум деформаций и веса, а также ограничения.

MULTICRITERION OPTIMIZATION OF SANDWICH SHELL

S u m m a r y

In the paper a solution of problem of multiobjective optimization of a sandwich rectangular plate is presented. A non-linear problem is formulated by adopting the two conflicting objectives like minimal deformation and minimal weight, including a set of constraints.