

ADAPTACYJNE MODELOWANIE MASZYN I URZĄDZEŃ ROLNICZYCH¹

Kazimierz Mielec, Jan Szczepaniak

Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu

Synopsis: W artykule zaprezentowano metodę adaptacji elementów skończonych zastosowaną do projektowania i optymalizacji konstrukcji maszyn i urządzeń rolniczych.

Słowa kluczowe: modelowanie adaptacyjne, maszyny rolnicze, konstrukcja.

Konstrukcje nośne maszyn i urządzeń rolniczych mają coraz częściej bardzo złożony charakter. W tej sytuacji tradycyjna analiza wytrzymałościowa, wiążąca się z dużymi uproszczeniami i znaczną "idealizacją" rozpatrywanej konstrukcji, nie jest w stanie zapewnić wiarygodnych wyników. Wraz z wprowadzeniem do praktyki obliczeniowej metod komputerowych, w tym przede wszystkim metody elementów skończonych [Zienkiewicz, Taylor, 1989], wiarygodna analiza skomplikowanych układów konstrukcyjnych przestała być problemem.

Jednocześnie podyktowane względami praktycznymi dążenie do projektowania lekkich i smukłych (materiałoszczędnych) konstrukcji postawiło przed projektantami nowe zadanie – optymalizację konstrukcji. Stąd w ostatnich latach temu problemowi poświęca się coraz więcej uwagi, proponując różne jego sformułowania oraz metody rozwiązania. Zdecydowanie największa ilość metod odwołuje się do programowania matematycznego. Inna, równie popularna grupa metod rozwiązywania zagadnienia optymalizacyjnego opiera się na badaniach wrażliwości kształtu i/lub wymiarów charakterystycznych.

O ile wymienione metody można w pewnym stopniu zaliczyć do metod bezpośrednich optymalizacji, to jednak metodami które zdobywają coraz większą popularność są metody adaptacyjne. Polegają one na ustawicznym, coraz dokładniejszym (w kolejnych krokach) rozwiązywaniu podstawowego zagadnienia, szacowaniu błędów rozwiązania i na tej podstawie coraz lepszym sterowaniu procesem optymalizacji aż do spełnienia przyjętego kryterium.

¹Praca realizowana jest w ramach projektu badawczego KBN Nr PB 0578/S3:94/06

W zagadnieniach optymalizacji konstrukcji można wyodrębnić dwie główne grupy metod, a mianowicie:

- metody optymalizacji przez wymiarowanie,
- metody optymalizacji przez kształtowanie.

Pierwsza grupa metod polega na optymalizacji parametrów (zmiennych), które wywołują zmian w modelu skończenie elementowym. Metody te stosuje się w zakresie modeli dwuwymiarowych (także, płyty i powłoki) i modeli jednowymiarowych (szczególnie w prętach cienkościennych). W przypadku modeli dwuwymiarowych parametrem podlegającym optymalizacji jest grubość, natomiast w modelach jednowymiarowych rolę tę pełnią charakterystyki przekrojowe.

Druga grupa metod polega na optymalizacji przez zmianę modelu skończenie elementowego [Szczepaniak, Pawłowski, 1992], na ogół przy zachowaniu parametrów (np. grubości). Znajduje ona zastosowanie we wszystkich rodzajach modeli, przy czym w zagadnieniach dwu- i trójwymiarowych optymalizacji podlega kształt modelu skończenie elementowego, natomiast w zagadnieniach jednowymiarowych – kształt przekroju poprzecznego, modelowany oddzielnie od całości konstrukcji.

Optymalizacja konstrukcji przez wymiarowanie jest prostsza w realizacji komputerowej od optymalizacji przez kształtowanie [Maciejewski i in, 1989]. Do trudności związanych z optymalizacją kształtową można m. in. zaliczyć problemy z zagwarantowaniem dokładności analizy skończenie elementowej w przebiegu całego procesu optymalizacji (przy zmieniającym się modelu) oraz wysoki koszt obliczeniowy szacowania wrażliwości. Jednak zasadniczą wadą optymalizacji przez kształtowanie jest to, że elementy konstrukcyjne tracą swój standardowy (znormalizowany) kształt, co jest zwykle nie do przyjęcia z technologicznego i ekonomicznego punktu widzenia. Z kolei przy optymalizacji wymiarowej łatwiej ustrzec się przed tym niebezpieczeństwem poprzez odniesienie warunków kryterialnych i nie oddzielnie względem pojedynczego elementu skończonego, lecz względem grup elementowych stanowiących pod względem technologicznym człony konstrukcyjne.

Najprostsze procedury optymalizacyjne zakładają stałe, interaktywne uczestnictwo człowieka (projektanta) w procesie adaptacyjnej optymalizacji konstrukcji. Są one zwykle realizowane w następującym cyklu postępowania [Demkowicz, Rachowicz, 1989]:

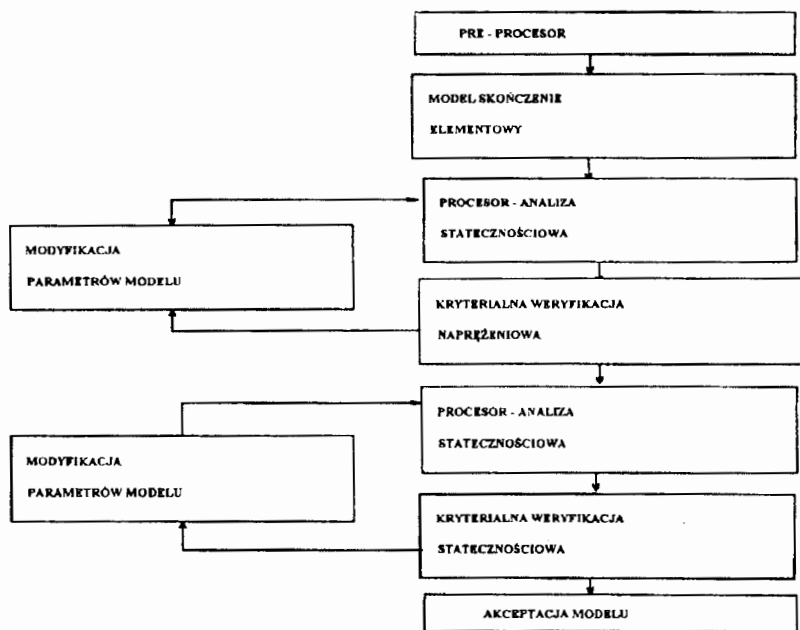
- przedstawienie pierwotnego projektu konstrukcji, stanowiącego punkt wyjścia (startowy) procesu,
- opracowanie modelu skończenie elementowego oraz przeprowadzenie analizy wytrzymałościowej konstrukcji,
- ocena kryterialna rozwiązania projektowego, na podstawie której następuje modyfikacja modelu (odesłanie do poprzedniego etapu) lub jego zatwierdzenie,

- przyjęcie projektu spełniającego założone kryterium optymalności, a realizacja każdego z wymienionych etapów procedury wymaga uczestnictwa projektanta. Jest to niewątpliwie największą niedogodnością tego procesu.

Komplikacje wywołane przez powyższą niedogodność dały asumpt do poszukiwania nowych rozwiązań w tym zakresie. Celem ich było nie tylko ograniczenie udziału człowieka w procesie optymalizacyjnym wyłącznie do przygotowania wyjściowego projektu (wersja I) lub do momentu przygotowania pierwotnego modelu skończenie elementowego (wersja II), ale również:

- zorganizowanie procesu adaptacyjnej optymalizacji konstrukcji na bazie techniki podukładów (superelementów), zdecydowanie ułatwiającej modyfikację układów skomplikowanych,
- umożliwienie definiowania grup elementowych, stanowiących jednolitą całość w rozumieniu zmienności parametrów projektowych przy optymalizacji przez wymiarowanie,
- wprowadzenie weryfikacji statecznościowej, uruchamianej w różnych rozwiązaniach opcjonalnych.

Podstawowy przebieg procesu adaptacyjnej optymalizacji uwzględniający weryfikację stateczności na każdym kroku procedury adaptacyjnej został schematycznie przedstawiony na rys. 1.

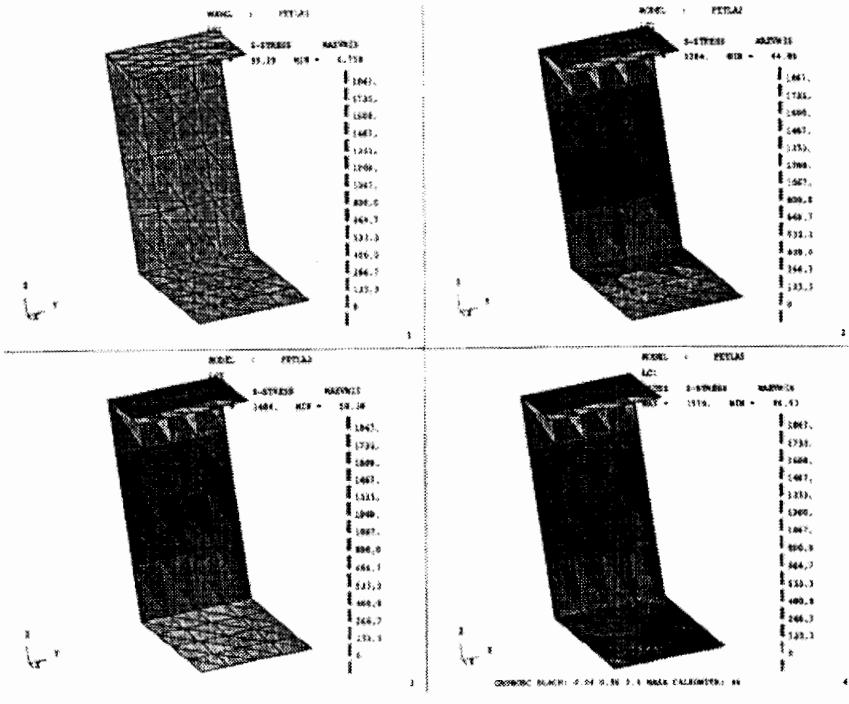


Rys 1. Procedura adaptacyjnej optymalizacji konstrukcji – rozwiązanie podstawowe
Fig.1. Procedure of adaptational optimization of construction – basic solution

Ograniczenie roli projektanta zrealizowano (w wersji I) poprzez zastosowanie automatycznej dyskretyzacji skończenie elementowej. Wadą tego rozwiązania okazało się ograniczenie wyłącznie do prostych rozwiązań konstrukcyjnych, gdyż w przypadkach skomplikowanych, jakie zwykle stanowią współczesne maszyny i urządzenia rolnicze, procedury dyskretyzujące zawodziły, a przez to użyteczność tej wersji (I) optymalizacji wyraźnie malała.

Prostszym, i jak się również okazało, efektywniejszym rozwiązaniem było uwzględnienie udziału projektanta przy przygotowaniu pierwotnego modelu skończenie elementowego (topologicznego). W procesie optymalizacji przez wymiarowanie model taki przygotowany jest tylko jednokrotnie tak, że w żaden sposób nie ogranicza to wielokrotnego przebiegu procedury adaptacyjnej przy optymalizacji konstrukcji.

W przykładowym problemie optymalizacji poddano prostą, składającą się z trzech płyt konstrukcję przedstawioną na rys. 2.



Rys.2 Przykład optymalizacji ceownika z zastosowaniem adaptacyjnej metody MES.

Fig.2. Example of channel bar optimization using adaptation method MES.

Przyjęto początkową grubość blachy równą 3. Każda płyta stanowi oddzielną grupę, tzn., że zmienne optymalizacji (tutaj grubość płyt) zmieniają się dla wszystkich elementów płyty w ten sam sposób. Przyjęto, że napężenie dopuszczalne wynosi 2000. Początkowa masa konstrukcji wynosiła 285. Po pierwszym kroku optymalizacyjnym masa zmalała do 58.4, zaś grubość ścian wynosiła odpowiednio: 0.48, 0.76, 0.58. Maksymalne napężenie wystąpiło w płycie środkowej i wynosiło 2560, czyli było zbyt duże. W następnym kroku masa jeszcze zmalała (do 54.7). Grubości płyt były następujące: 0.31, 0.88, 0.49, czyli grubości płyt bocznych zmalały, a grubość płyty środkowej zwiększyła się. Maksymalne napężenie wynosiło 2277. Na przeszkodzie dalszych zmian stanęła utrata stateczności konstrukcji. Jak widać analiza wykazała, że przy zadanych obciążeniach i sposobie zamocowania płyty boczne mogą mieć mniejszą grubość niż płyta środkowa. Decyzja o ostatecznej grubości płyt należy jednak do projektanta, który powinien uwzględnić zarówno wyniki obliczeń jak i czynniki technologiczne.

Bibliografia

- Zienkiewicz, O. C., R. L. Taylor. 1989. *The Finite Element Method*. Vol. 4, McGraw-Hill, London.
- Szczepaniak, J., T. Pawłowski. 1992. *Metoda elementów skończonych w zagadnieniach projektowania maszyn rolniczych*. Biuletyn Informacyjny Prace PIMR.
- Maciejewski, M., i inni. 1989. *Badania analityczne i eksperymentalne optymalnych profili prętów i węzłów konstrukcyjnych*. Politechnika Poznańska IMR, Poznań.
- Demkowicz, L., W. Rachowicz. 1989. *Adaptacyjne metody elementów skończonych typu h-p. Teoria i zastosowania w mechanice*. Zakład Matematyki Stosowanej Politechniki Krakowskiej.

K. Mielec, J. Szczepaniak

ADAPTATION MODELLING OF AGRICULTURAL MACHINES AND
APPLIANCES

Summary

In the article was presented Adaptation Element Method as a supportive tool for designing and optimisation of construction including agricultural machines. The potentialities of construction analysis (statics, dynamics) by means of AEM were discussed. Practical examples analysis of AEM application to existing and newly designed constructions were presented.