

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Kolanka pt. "Analiza i optymalizacja niezawodnościowa konstrukcji za pomocą adaptacyjnych metod symulacyjnych".

1. Informacje ogólne

Recenzję opracowano na zlecenie Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk doc. dr hab. Kazimierza Piechóra, z dnia 1 grudnia 2006 roku. Rozprawa została wydana jako maszynopis Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN i zawiera 183 strony. Składa się ona z 10-ciu rozdziałów i wykazu literatury obejmującego 132 pozycje. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Stefan Jendo.

2. Opis pracy i komentarze

Od ponad trzydziestu lat prowadzone są intensywne prace w zakresie rozwoju metod oceny niezawodności konstrukcji oraz próby zastosowań tych metod do praktyki inżynierskiej. W problematyce tej występuje szereg interesujących i trudnych zagadnień naukowych a równocześnie tematyka ta ma ważne znaczenie praktyczne. Do oceny bezpieczeństwa wielu unikatowych budowli i konstrukcji jak morskie wieże wiertnicze czy też duże mosty o znaczących rozpiętościach przęsł stosuje się metody niezawodności konstrukcji. Analizy niezawodnościowe wykorzystuje się także w zagadnieniach normalizacyjnych. Obserwuje się również szereg prac z zakresu zastosowania metod niezawodności konstrukcji do opracowania optymalnej strategii remontów istniejących budowli inżynierskich jak na przykład mostów. Główne zadanie w problemie oceny niezawodności konstrukcji lub inaczej obliczenia prawdopodobieństwa jej awarii sprowadza się do obliczenia wielokrotnych całek oznaczonych po obszarze, często nieregularnym, wielowymiarowej funkcji gęstości prawdopodobieństwa. Trudność w rozwiązaniu problemu polega na tym, że dla praktycznych problemów inżynierskich nie jest możliwe otrzymanie rozwiązania zarówno na drodze analitycznej jak i w sposób bezpośrednio numeryczny. Należy pamiętać, że obliczenia te wykonuje się na obszarze, gdzie wielowymiarowa funkcja gęstości prawdopodobieństwa przyjmuje wartości bardzo małe. Stąd wynika potrzeba opracowania efektywnych metod obliczeniowych. Podjęty temat pracy doktorskiej dotyczący zastosowania adaptacyjnych metod symulacyjnych do analizy i optymalizacji niezawodnościowej konstrukcji jest ważnym i interesującym zadaniem naukowym oraz może mieć istotne znaczenie praktyczne.

W rozdziale pierwszym rozprawy przedstawiono cel i zakres pracy oraz dokonano przeglądu literatury przedmiotu. Podstawowym zadaniem rozprawy jest znalezienie i zbadanie możliwości zastosowania w analizie niezawodności konstrukcji adaptacyjnych metod symulacyjnych, które mają dobrze opracowane podstawy teoretyczne a w szczególności rozstrzygnięty problem zbieżności w procesie iteracyjnym. Za takie metody uznano i szczegółowo się nimi zajęto są: metoda wzajemnej entropii i metoda generująca łańcuchy Markowa. W obu wymienionych wyżej propozycjach bazuje się na metodzie symulacji

ważonej (metoda importance sampling). Przedstawiony w tym rozdziale przegląd literatury uważam za wyczerpujący.

Podstawy teorii niezawodności konstrukcji przedstawiono w rozdziale drugim. Zdefiniowano funkcję graniczną, prawdopodobieństwo awarii, indeks niezawodności. Przedstawiono znane metody FORM i SORM w tym transformację zmiennych losowych do gaussowskiej przestrzeni standardowej, zdefiniowano punkt projektowy. Przedstawiono klasyczną metodę Monte Carlo wskazując na trudności jej wykorzystania w problemie niezawodności konstrukcji. Wskazano, że metody symulacji ważonej bazujące na zamianie miary są efektywne w zagadnieniu oceny niezawodności konstrukcji.

Problem optymalizacji konstrukcji z uwzględnieniem niezawodności przedstawiono w rozdziale trzecim. Sformułowano problem optymalizacji ze względu na minimum kosztów konstrukcji z uwzględnieniem minimalnej wartości indeksu niezawodności w ciągłej przestrzeni parametrów. Następnie problem optymalizacji rozszerzono, uwzględniając także parametry o wartościach dyskretnych. W tym drugim przypadku zaproponowano dwie metody rozwiązania problemu. Pierwsza metoda polega na transformacji dyskretnych zmiennych do rozszerzonej bazy parametrów ciągłych. Mam tutaj następujące pytanie: z czego wynika stwierdzenie podane w pracy, że ograniczenie (3.13) nie generuje dodatkowych minimów lokalnych. Drugą przedstawioną metodą jest algorytm kontrolowanego przeglądu. W metodzie tej zaproponowano modyfikację polegającą na wstępnej selekcji parametrów wykorzystując liniową aproksymację wskaźników niezawodności. Idea tego rozwiązania bazuje na założeniu, że wskaźniki niezawodności rozwiązania optymalnego w przestrzeni dyskretniej są bliskie wartościom wskaźników rozwiązania w przestrzeni ciągłej. Doktorant zwraca uwagę na fakt, że zaproponowana metoda może wykluczyć optymalne rozwiązanie w przypadku silnie nieliniowych ograniczeń. Omówione metody zilustrowano dwoma przykładami. W pierwszym przykładzie przedstawiono problem optymalizacji kratownicy płaskiej zbudowanej z 10 prętów, a w drugim przestrzenną kopułę kratową z uwzględnieniem możliwości utraty stateczności ze względu na przeskok.

W rozdziale czwartym przedstawiono metody dyskretyzacji pól losowych. W opisie niepewności parametrów konstrukcji a także obciążenia wykorzystuje się funkcje losowe lub ogólniej pola losowe. W problemie oceny niezawodności konstrukcji posługujemy się zmiennymi losowymi. Stąd wynika potrzeba zastąpienia funkcji i pól losowych dyskretnym zbiorem zmiennych losowych. W pracy przedstawiono różne metody dyskretyzacji jak: metodę lokalnego uśredniania, rozwinięcia w szereg, metoda funkcji kształtu, optymalnej aproksymacji liniowej. Głównym celem, jaki postawiono w tym rozdziale było modelowanie za pomocą pól losowych imperfekcji geometrycznych z uwzględnieniem warunków brzegowych utwierdzenia. Wykorzystano warunkowanie jednorodnego pola losowego na ustalonych wartościach i pochodnych jego realizacji w punktach brzegowych. Przedstawiono szczegółowe rozwiązanie dla losowych pól gaussowskich. Podano warunki zapewniające ciągłość i różniczkowalność pól losowych co jest istotne w rozwiązaniach wykorzystujących metody gradientowe. Opracowane rozwiązanie zastosowano do modelowania imperfekcji geometrycznych prętów i płyt z uwzględnieniem warunków podparcia co przedstawiono na przykładach. Mam uwagę do podanego równania macierzowego (4.17). Stałe F_{j2} nie występują w równaniach (4.14), (4.15). Stąd wynika, że nie powinny występować takie wielkości w równaniu (4.17). Warto postawić pytanie, które z metod dyskretyzacji „fizyczne” (lokalne uśrednianie) czy „matematyczne” (rozwinięcia w szereg) są efektywniejsze w przypadku powszechnie stosowanej metody elementów skończonych w zagadnieniach niezawodności.

Problem niezawodności konstrukcji z uwzględnieniem jej czasu eksploatacji przedstawiono w rozdziale piątym. Rozdział ten zawiera szereg znanych rozwiązań. Przyjęto, że parametry konstrukcji nie ulegają degradacji, a więc zmianie w czasie, co znacznie upraszcza analizę

