

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Czesław CEMPEL

DRGANIA MECHANICZNE

WPROWADZENIE

Wydanie drugie poprawione

Poznań 1984

Recenzent

prof. dr hab. inż. Krzysztof Marchelek

Siedem wykładów z drgań mechanicznych
skrypt dla kierunku mechanika
studiów i kursów podyplomowych

Okładkę projektował

art. plastyk mgr Józef Skoracki

Wydano za zgodą

Rektora Politechniki Poznańskiej

Opracowanie redakcyjne i techniczne

Mgr Milada Misiek

1163

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI POZNAŃSKIEJ

60-965 Poznań, pl. M. Skłodowskiej-Curie 2, tel 313-216

Wydanie II. Nakład 500+25+30 egz. Arkuszy wyd. 6,7. Arkuszy druku 6,5. Papier drukowy kl. V 71 g. Oddano do druku 17.10.1983 r. Druk ukończono w maju 1984 r.

Zamówienie nr S/569/83. E-9/827. Cena zł 40,-

Wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Poznańskiej
61-821 Poznań, ul. Ogrodowa 11, tel. 554-25

SPIS TREŚCI

	Str.
O. Od Autora	5
1. Drgania w inżynierii mechanicznej	7
1.1. Drgania szkodliwe	8
1.2. Wykorzystanie drgań w technologii	15
1.3. Wykorzystanie drgań w diagnostyce	16
2. Analiza dynamiczna obiektów mechanicznych	19
2.1. Modelowanie	19
2.2. Dalsze etapy analizy dynamicznej	24
3. Drgania swobodne modelu o jednym stopniu swobody	26
3.1. Drgania translacyjne i skrętne, wymuszone siłowo i kinematycznie	26
3.2. Drgania swobodne bez tłumienia	28
3.3. Drgania swobodne tłumione	30
4. Drgania wymuszone modelu o JSS	36
4.1. Modele wymuszeń	36
4.2. Odpowiedź modelu na wymuszenie zdeterminowane	38
4.3. Reakcja układu na wymuszenie harmoniczne i okresowe	40
4.4. Reakcja drgań, wibroizolacja	46
4.5. Reakcja układu na wymuszenie krótkotrwałe	50
4.6. Reakcja układu na wymuszenie przypadkowe	55
5. Drgania modelu o dwu stopniach swobody (DSS)	60
5.1. Obiekty mechaniczne i ich modele o DSS	60
5.2. Częstości własne i postacie drgań własnych	65
5.3. Drgania wymuszone modelu o DSS	68
5.4. Zastosowania - eliminacja i izolacja drgań	71
6. Redukcja obiektu mechanicznego do modelu o JSS	77
6.1. Cel i motywacja metod przybliżonych	77
6.2. Oszacowanie zastępczego tłumienia obiektu	78
6.3. Metoda Rayleigh'a - zastępcza masa i sztywność	80
6.4. Energia drgań prostych modeli rozciągniętych	82
6.5. Układy złożone - metoda Dunkerley-Soutwell 'a	85
6.6. Dokładność metod przybliżonych	92

Str. 7. Zakończenie.....	95
Literatura	97
Dodatek	
D.1. Nomogram drganiowy	99
D.2. Częstości drgań własnych często spotykanych układów mechanicznych.	100

OD AUTORA

Moje wczesne studia drgań i dynamiki układów, datujące się od lat 60., zawsze przesłonięte były myślą wynikającą z konfrontacji analizowanego układu rzeczywistego i jego modelu. Myśl tę można wyrazić w formie pytania "skąd wiadomo, że w tym miejscu modelu ma być sprężyna bądź masa o takiej a takiej wartości"? Pytanie to jak i kwestie podobnego typu nie znajdowały prostej odpowiedzi w dostępnych podręcznikach z dziedziny dynamiki układów mechanicznych i drgań, które w większości rozpoczynają wykład od analizy ruchu układu masa-sprężyna, bez pokazania ważnej drogi modelowania, która wiedzie od układu rzeczywistego do masy i sprężyny. Lata pracy badawczej i wykładów z różnych dziedzin dynamiki wyświeiliły z wolna ten istotny problem, a prawdziwą ucztą duchową było studiowanie dwu podręczników, które wreszcie traktowały problem modelowania z należytą powagą. Są to: R.H.Cannon Jr.; Dynamika układów fizycznych, WNT, Warszawa 1973, oraz D.Karnopp, R.Rosenberg, System Dynamics: Unified Approach, John Wiley, New York, 1975, (Dynamika układów w jednolitym podejściu). W moim przekonaniu, ktokolwiek myśli poważnie o zrozumieniu i zajęciu się dynamiką układów winien przestudiować te książki w wymienionej wyżej kolejności.

Te przydługie impresje osobiste, podzielane także przez większe grono kolegów uwikłanych w dynamikę, potrzebne były jako jedna z motywacji napisania tego mini skryptu w obliczu wielu skryptów i książek dotyczących drgań w piśmiennictwie polskim. Niestety te bardzo wartościowe skrypty i podręczniki startują z poziomu zadanego modelu układu, poziomu nie tak łatwo osiągalnego przez przeciętnego studenta. Pokonanie tego dystansu jest jednym z celów tego skryptu. Drugim niemniej ważnym celem jest próba zwięzłego przedstawienia problematyki drgań mechanicznych (w postaci kilku wykładów) w zakresie niezbędnym dla przyszłego inżyniera mechanika. Inżyniera bez specjalnych uzdolnień matematycznych, który chce zrozumieć i wykorzystać zjawiska dynamiczne w otaczającym nas świecie.

Trzecim powodem napisania tego skryptu jest chęć przedstawienia studentowi szerokiej motywacji potrzeby nauczenia się podstaw drgań mechanicznych. Bez znajomości tych zagadnień nie jest już możliwe nowoczesne konstruowanie, wytwarzanie i eksploatacja maszyn, urządzeń i pojazdów.

Tak więc adresatem skryptu są studenci kierunku mechanika a także słuchacze studiów i kursów podyplomowych o profilu: dynamika maszyn, konstrukcji, wibroakustyka, diagnostyka maszyn, itp..

Prezentowany niżej zakres materiału nie wychodzi poza najbardziej niezbędny i modelowo ograniczony jest do dwu stopni swobody. W kolejności wykładu znajdziemy tu: rolę drgań w inżynierii mechanicznej; analiza dynamiczna obiektów mechanicznych; odpowiedzi własne i wymuszone modelu obiektu mechanicznego o jednym stopniu swobody, minimalizacja drgań, wibroizolacja; odpowiedzi własne i wymuszone modelu obiektu o dwu stopniach swobody, eliminacja drgań; redukcja obiektu rzeczywistego do modelu o jednym stopniu swobody - metody i techniki obliczeniowe.

Dla opanowania i posługiwania się wiedzą zawartą w skrypcie wystarczą elementarne wiadomości z mechaniki (np. układanie i rozwiązywanie równań ruchu) oraz wytrzymałości materiałów (np. obliczanie sztywności bądź ugięcia elementów i ustrojów konstrukcyjnych). Przydatne jest również ogólne rozeznanie w konstrukcji i sposobie działania maszyn, urządzeń i pojazdów, a przede wszystkim pewien zapas dobrej woli bez którego nie sposób nauczyć się czegokolwiek. A propos znajomości konstrukcji i sposobu działania maszyn warto tu przytoczyć pewne wydarzenie z egzaminu z drgań mechanicznych mające posmak anegdoty, niestety smutnej. Jedno z zadań brzmiało w skrócie tak: ... wirnik pompy o podanych uprzednio parametrach masowo-sprężystych (skręcanie), posiada 17 łopatek i wykonuje n obr/min. Znaleźć obroty wzbronione pompy Smutne okazało się tutaj przekonanie wielu zdających egzamin wypływające z nieznajomości konstrukcji i sposobu pracy pompy, że ilość łopatek to pułapka na biednych studentów.

Mając nadzieję, że zawartość tego skryptu choć w części uchroni studenta i inżyniera przed podobną nieznajomością podstaw dynamiki układów mechanicznych, oddaję go w ręce użytkowników, prosząc o uwagi i komentarze.

Autor

Poznań, luty 1981 r.