
S

pis treści

Część III

LINIOWE USTROJE DWUWYMIAROWE I TRÓJWYMIAROWE

| | |
|---|----|
| Rozdział 1. Wprowadzenie | 7 |
| 1.1. Budowa, zastosowanie i podział ustrojów dwuwymiarowych | 7 |
| 1.2. Modele i metody ich analizy | 11 |
| 1.2.1. Płaski stan naprężenia | 11 |
| 1.2.2. Płaski stan odkształcenia | 14 |
| 1.2.3. Metody analizy wytrzymałościowej | 15 |
| 1.3. Ustroje trójwymiarowe | 17 |
| Rozdział 2. Rury grubościennie. Tarcze kołowe i prostokątne | 18 |
| 2.1. Obciążone osiowosymetrycznie rury grubościennie o przekroju kołowym | 18 |
| 2.1.1. Podstawowe zależności | 18 |
| 2.1.2. Zadanie Lamégo | 22 |
| 2.1.3. Połączenia wciskowe. Rury wielowarstwowe | 27 |
| 2.2. Tarcze kołowe obciążone osiowosymetrycznie | 32 |
| 2.2.1. Zastosowanie tarcz kołowych, ich rodzaje i budowa | 32 |
| 2.2.2. Tarcze wirujące o stałej grubości nieogrzone | 33 |
| 2.2.3. Tarcze o zmiennej grubości ogrzane. Rozwiązania analityczne i przybliżone .. | 37 |
| 2.3. Tarcze niekołowe. Podstawowe rozwiązania analityczne | 44 |
| Rozdział 3. Płyty i powłoki | 46 |
| 3.1. Płyty kołowe obciążone osiowosymetrycznie | 47 |
| 3.1.1. Podstawowe założenia i zależności | 47 |
| 3.1.2. Rozwiązanie analityczne | 52 |
| 3.2. Płyty prostokątne | 60 |
| 3.2.1. Podstawowe zależności | 60 |
| 3.2.2. Metody rozwiązywania | 66 |
| 3.3. Powłoki osiowosymetryczne. Błonowy stan napięcia | 71 |
| 3.4. Powłoki osiowosymetryczne. Zgięciowy stan napięcia | 83 |
| 3.4.1. Podstawowe założenia i zależności | 83 |
| 3.4.2. Stan zgięciowy powłoki walcowej | 86 |

| | |
|--|-----|
| Rozdział 4. Pręty cienkościenne | 95 |
| 4.1. Uwagi wstępne | 95 |
| 4.2. Pręty o przekroju otwartym | 97 |
| 4.2.1. Zginanie | 97 |
| 4.2.2. Skręcanie | 103 |
| 4.3. Pręty o przekroju zamkniętym | 110 |
| 4.4. Uwagi końcowe | 114 |
| Rozdział 5. Przykłady analizy ustrojów trójwymiarowych | 120 |
| 5.1. Uwagi wstępne | 120 |
| 5.2. Grubościenna powłoka kulista pod działaniem ciśnienia wewnętrznego i zewnętrznego | 122 |
| 5.3. Inne rozwiązania | 123 |

Część IV

NAPRĘŻENIA CIEPLNE, KONSTRUKCJE KOMPOZYTOWE

| | |
|--|-----|
| Rozdział 1. Naprężenia cieplne | 126 |
| 1.1. Wstęp. Znaczenie naprężeń cieplnych w technice | 126 |
| 1.2. Podstawowe wiadomości z wymiany ciepła | 130 |
| 1.2.1. Elementarne pojęcia. Rodzaje wymiany ciepła | 130 |
| 1.2.2. Równania opisujące wymianę ciepła | 133 |
| 1.3. Naprężenia termiczne w wybranych dwuwymiarowych i trójwymiarowych zagadnieniach teorii sprężystości | 138 |
| 1.3.1. Tarcze kołowe i rury przy osiowosymetrycznym rozkładzie temperatury | 138 |
| 1.3.2. Naprężenia cieplne w ośrodkach niejednorodnych | 143 |
| 1.3.3. Naprężenia cieplne w kuli i ścianie sferycznej | 145 |
| 1.3.4. Naprężenia cieplne w powłoce cylindrycznej | 149 |
| 1.4. Uderzenia cieplne | 153 |
| Rozdział 2. Konstrukcje kompozytowe | 157 |
| 2.1. Wprowadzenie | 157 |
| 2.2. Materiały anizotropowe. Związki konstytutywne | 158 |
| 2.3. Odształcenia i naprężenia w warstwie ortotropowej | 165 |
| 2.4. Hipotezy wyężeniowe dla materiałów ortotropowych | 172 |
| 2.5. Wyznaczanie zastępczych modułów sprężystości elementów kompozytowych | 177 |
| 2.6. Podstawowe związki mechaniki laminatów | 181 |
| 2.7. Wytrzymałość laminatów warstwowych i innych elementów konstrukcji kompozytowych | 182 |

Część V

ZAGADNIENIA NIELINIOWE W WYTRZYMAŁOŚCI KONSTRUKCJI

| | |
|--|-----|
| Rozdział 1. Duże przemieszczenia i odkształcenia ustrojów | 186 |
| 1.1. Duże ugięcia belek | 186 |
| 1.1.1. Przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia w przekroju belki | 187 |
| 1.1.2. Wypadkowe siły i momenty wewnętrzne | 190 |
| 1.1.3. Nieliniowe równania równowagi belki | 191 |
| 1.2. Nieliniowa techniczna teoria powłok o małej wyniosłości | 197 |
| 1.2.1. Deformacja powierzchni środkowej oraz przemieszczenia punktów powłoki | 198 |
| 1.2.2. Odształcenia powłoki | 200 |
| 1.2.3. Naprężenia w powłoce oraz wypadkowe siły i momenty | 206 |

| | |
|---|-----|
| 1.2.4. Nieliniowe równania równowagi | 209 |
| 1.2.5. Równania przemieszczeniowe powłok | 212 |
| 1.2.6. Liniowe i nieliniowe równania równowagi płyt i powłok cylindrycznych i kulistych | 215 |
| 1.2.7. Warunki brzegowe | 217 |
| 1.2.8. Równania stateczności płyt i powłok o małej wyniosłości | 218 |
| 1.3. Duże ugięcia płyt i powłok o małej wyniosłości | 221 |
| 1.3.1. Duże ugięcia płyt prostokątnych | 222 |
| 1.3.2. Duże ugięcia paneli walcowych | 226 |
| Rozdział 2. Problemy stateczności ustrojów jednowymiarowych i dwuwymiarowych .. | 229 |
| 2.1. Stateczność ustrojów prętowych | 229 |
| 2.2. Stateczność płyt prostokątnych | 238 |
| 2.2.1. Obciążenia krytyczne ściskanych płyt prostokątnych | 238 |
| 2.2.2. Obciążenia krytyczne ścinanych płyt prostokątnych | 244 |
| 2.3. Stateczność powłok walcowych | 246 |
| 2.3.1. Obciążenia krytyczne ściskanych powłok walcowych | 247 |
| 2.3.2. Obciążenia krytyczne skręcanych powłok walcowych o małej i średniej długości | 249 |
| Rozdział 3. Analiza ustrojów sprężysto-plastycznych | 253 |
| 3.1. Sprężysto-plastyczne skręcanie prętów kołowsymetrycznych | 254 |
| 3.2. Sprężysto-plastyczne zginanie prętów przyrzmatycznych | 257 |
| 3.2.1. Przekroje o dwóch osiach symetrii | 258 |
| 3.2.2. Przekroje o jednej osi symetrii | 261 |
| 3.3. Nośność graniczna belek i ram statycznie wyznaczalnych | 265 |
| 3.4. Nośność graniczna belek i ram statycznie niewyznaczalnych | 268 |
| 3.4.1. Metoda kolejnego wyznaczania przegubów plastycznych | 269 |
| 3.4.2. Twierdzenia ekstremalne teorii nośności granicznej | 272 |
| 3.4.3. Przystosowanie się konstrukcji do obciążeń zmiennych w czasie | 280 |
| Rozdział 4. Naprężenia kontaktowe | 282 |
| 4.1. Rozwiązania Hertza i Bielajewa | 283 |
| 4.2. Zagadnienia stempli działających na półprzestrzeń sprężystą | 288 |

Część VI

ZAGADNIENIA DYNAMICZNE W WYTRZYMAŁOŚCI KONSTRUKCJI

| | |
|--|-----|
| Rozdział 1. Drgania | 291 |
| 1.1. Drgania ustrojów belkowych i prętowych | 292 |
| 1.1.1. Drgania giętne belek | 293 |
| 1.1.2. Drgania wzdłużne prętów | 301 |
| 1.2. Drgania płyt i tarcz | 306 |
| 1.3. Drgania powłok | 312 |
| 1.3.1. Drgania powłok cylindrycznych | 312 |
| 1.3.2. Drgania czaszy kulistej | 316 |
| 1.4. Drgania własne ustrojów obciążonych siłami statycznymi | 318 |
| 1.4.1. Drgania własne giętne belek obciążonych siłami osiowymi | 319 |
| 1.4.2. Drgania własne giętne ściskanych powłok i płyt | 322 |
| Rozdział 2. Fale sprężyste i zagadnienia udarowe | 326 |
| 2.1. Jednowymiarowe fale wzdłużne w prętach | 326 |
| 2.2. Przybliżona analiza zjawisk udarowych | 330 |

Część VII
METODY NUMERYCZNE W WYTRZYMAŁOŚCI KONSTRUKCJI

| | |
|---|-----|
| Rozdział 1. Przybliżone metody numeryczne | 336 |
| Rozdział 2. Metoda różnic skończonych | 342 |
| Rozdział 3. Metoda elementów brzegowych | 349 |
| 3.1. Metoda elementów brzegowych dla równania Poissona | 350 |
| 3.2. Dwuwymiarowe zagadnienie teorii sprężystości. Brzegowe równanie całkowe | 353 |
| 3.3. Algorytmy numeryczne MEB w dwuwymiarowym zadaniu teorii sprężystości | 358 |
| Rozdział 4. Metoda elementów skończonych | 366 |
| 4.1. Koncepcja metody na przykładzie równania Poissona | 366 |
| 4.2. MES w analizie konstrukcji prętowych | 369 |
| 4.2.1. Belki | 370 |
| 4.2.2. Pręty rozciągane i skręcane. Sprężyny | 383 |
| 4.2.3. Kratownice i ramy płaskie | 389 |
| 4.2.4. Przestrzenne kratownice i ramy | 394 |
| 4.3. Dwuwymiarowe i trójwymiarowe zadania teorii sprężystości | 396 |
| 4.3.1. Wykorzystywane związki i algorytmy obliczeń | 396 |
| 4.3.2. Najprostszy trójkątny element skończony | 407 |
| 4.3.3. Schemat działania programu metody elementów skończonych | 413 |
| 4.4. Wybrane problemy w metodzie elementów skończonych. Drgania, obciążenia krytyczne, naprężenia cieplne, zagadnienia nieliniowe | 414 |
| 4.4.1. Analiza drgań konstrukcji | 414 |
| 4.4.2. Utrata stateczności. Obciążenie krytyczne | 425 |
| 4.4.3. Naprężenia cieplne | 436 |
| 4.4.4. Podstawy analiz nieliniowych | 441 |
| 4.5. MES w praktyce inżynierskiej | 448 |
| 4.5.1. Dokładność obliczeń metodą elementów skończonych | 449 |
| 4.5.2. Wykorzystanie profesjonalnych systemów obliczeniowych | 453 |

Część VIII
METODY DOŚWIADCZALNE W WYTRZYMAŁOŚCI KONSTRUKCJI

| | |
|---|-----|
| Wprowadzenie | 457 |
| Metody kontaktowe | 458 |
| Metody optyczne | 461 |
| Metoda moire | 461 |
| Metoda elastooptyczna i jej warianty | 465 |
| Inne optyczne metody badań | 471 |
| Inne metody bezkontaktowe | 472 |
| Metody pomiaru naprężeń własnych | 477 |
| Bibliografia | 484 |
| Skorowidz | 487 |